

Wed. Jul 8, 2026**Intro**

10:00 AM - 10:10 AM JST | 1:00 AM - 1:10 AM UTC | A(Miraikan Hall)

開会式**Young Scientist Award Nominee**

10:10 AM - 10:40 AM JST | 1:10 AM - 1:40 AM UTC | A(Miraikan Hall)

放射性薬剤1

Chairman:Tomoya Uehara(Chiba University)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

10:10 AM - 10:25 AM JST | 1:10 AM - 1:25 AM UTC

[1A01] Development of a novel ^{211}At -labeled multivalent PSMA derivative based on a neopentyl scaffold○Yui Terasaka¹, Hiroyuki Suzuki¹, Kento Kannaka¹, Nobuki Kazuta¹, Kazuhiro Takahashi², Tomoya Uehara¹ (1. Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Chiba University, 2. Fukushima Medical University)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

10:25 AM - 10:40 AM JST | 1:25 AM - 1:40 AM UTC

[1A02] Synthesis and Evaluation of ^{125}I -Labeled Alkoxyamine Derivatives for Thermoresponsive Theranostics○Karin Nagahama¹, Toshihide Yamasaki¹, Kohei Sano¹, Takahiro Mukai¹ (1. Kobe Pharmaceutical Univ.)**Invited Lecture**

10:40 AM - 11:10 AM JST | 1:40 AM - 2:10 AM UTC | A(Miraikan Hall)

放射性薬剤2

Chairman:Tomoya Uehara(Chiba University)

10:40 AM - 11:10 AM JST | 1:40 AM - 2:10 AM UTC

[1A03] Development of Cancer-Targeted Radiotheranostic Agents Based on Water-Soluble Polymers

○Kohei Sano¹ (1. Kobe Pharm. Univ.)**Young Scientist Award Nominee**

11:15 AM - 12:00 PM JST | 2:15 AM - 3:00 AM UTC | A(Miraikan Hall)

核種製造

Chairman:Noriko Ishioka(QST)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[1A04] Measurement of yttrium-isotope production cross sections on the $^{\text{nat}}\text{Sr}+d$ reaction○Akihiro Nambu^{1,2}, Masayuki Aikawa^{1,2,3,4}, Yudai Shigekawa², Yousuke Kanayama², Tomohiro Tomitsuka², Sayantani Mitra², Hiromitsu Haba² (1. Hokkaido Univ. Biomedical Science and Engineering, 2. RIKEN Nishina Center, 3. Hokkaido Univ. Science, 4. Hokkaido Univ. Global Center)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[1A05] Verification and Validation for Three Quantum Beams and Laser Light as Alternative Routes to Current Commercial Production of Lutetium-177

○Luis Fernando Salas Tapia¹, Kunihiro Miyoshi¹, Ying Yang¹, Chao Zhang², Shuichi Hasegawa^{1,2} (1. Department of Nuclear Engineering and Management / The University of Tokyo, 2. Nuclear Professional School / The University of Tokyo)

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[1A06] Evaluation of the Scalability of ^{177}Lu Production with a mA-Class Deuteron Linac○Hiroshi Nakagomi¹, Masatoshi Yasuda¹, Souichi Ueno¹, Shunichiro Omika¹, Kazuaki Tsukada², Yuki Ohnishi², Masatoshi Itoh² (1. Toshiba Corporation, 2. Tohoku University)

Invited Lecture

1:00 PM - 1:30 PM JST | 4:00 AM - 4:30 AM UTC | A(Miraikan Hall)

獣医療1

Chairman:Takehiko Kakizaki(Kitasato University)

1:00 PM - 1:30 PM JST | 4:00 AM - 4:30 AM UTC

[1A07] Bone scintigraphy in racehorses: The first clinical introduction in Japan

○Motoi Nomura¹ (1. Japan Racing Association)

Young Scientist Award Nominee

1:30 PM - 2:15 PM JST | 4:30 AM - 5:15 AM UTC | A(Miraikan Hall)

獣医療 2

Chairman:Takehiko Kakizaki(Kitasato University), Miori Kishimoto(Tokyo University of Agriculture and Technology)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:30 PM - 1:45 PM JST | 4:30 AM - 4:45 AM UTC

[1A08] Differences in Lung Lobe Volumes Among Dog Breeds to Be Noted in CT-derived Pulmonary Functional Imaging

○Kentaro Yamazaki¹, Airi Kaneyama², Kosei Teraoka², Chiharu Ito², Akari Taniguchi², Masayoshi Nagakawa¹, Yukiko O'Brien^{1,2}, Masaaki Katayama^{3,4}, Ryuji Fukushima^{1,5}, Miori Kishimoto^{1,2} (1. TUAT-Grad, 2. TUAT, 3. Iwate Univ, 4. IU-VTH, 5. KAMEC)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:45 PM - 2:00 PM JST | 4:45 AM - 5:00 AM UTC

[1A09] Basic study toward clinical application of BNCT in companion animals

○Hajime Sashida¹, Hiroki Higuchi¹, Takehiko Kakizaki¹, Seiichi Wada¹, Masahiro Natsuhori¹ (1. Kitasato University)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:00 PM - 2:15 PM JST | 5:00 AM - 5:15 AM UTC

[1A10] A Fundamental Study on the Implemation of Radioiodine Therapy for Feline Hyperthyroidism in Japanese Veterinary Medicine

○Ko Sasaki¹, Yuto Kikuchi¹, Takehiko Kakizaki¹, Wada Seiichi¹, Masahiro Natsuhori¹ (1. Kitasato univ)

Special Lecture

2:25 PM - 3:25 PM JST | 5:25 AM - 6:25 AM UTC | A(Miraikan Hall)

特別講演「日本の獣医核医学の父が語る核医学への期待」

Chairman:Takehiko Kakizaki(Kitasato University)

2:25 PM - 3:25 PM JST | 5:25 AM - 6:25 AM UTC

[1A11] Expectations for Nuclear Medicine: A Perspective from the Father of Japanese Veterinary Nuclear Medicine

○Nobuhiko Ito¹ (1. Kitasato University)

Panel Discussion

3:35 PM - 5:35 PM JST | 6:35 AM - 8:35 AM UTC | A(Miraikan Hall)

パネル討論「核燃料再処理施設周辺における環境放射能」

Chairman:Hirofumi Tsukada(Fukushima University, Professor Emeritus)

3:40 PM - 4:10 PM JST | 6:40 AM - 7:10 AM UTC

[1A12] Impact of the spent fuel reprocessing plant on radionuclide concentrations in atmospheric, terrestrial, and aquatic environments

○Shinji Ueda¹ (1. Institute for Environmental Sciences)

4:10 PM - 4:40 PM JST | 7:10 AM - 7:40 AM UTC

[1A13] Radioactivity in the Coastal Area of Rokkasho Village

○Hisaki Kofuji¹ (1. Japan Marine Science Foundation)

4:40 PM - 5:10 PM JST | 7:40 AM - 8:10 AM UTC

[1A14] Long-term variations of tritium in offshore seawater and marine organisms around the Rokkasho nuclear fuel cycle facility

○Yuhei Shirokuni¹ (1. Marine Ecology Research Institute)

Invited Lecture

10:20 AM - 10:50 AM JST | 1:20 AM - 1:50 AM UTC | B(Conference Room Saturn)

環境1

Chairman:Daisuke Tsumune(University of Tsukuba)

10:20 AM - 10:50 AM JST | 1:20 AM - 1:50 AM UTC

[1B01] Quantification of Difficult-to-Measure Anthropogenic Radionuclides in the Environment: Challenges and Perspectives

○Aya Sakaguchi¹ (1. Univ. of Tsukuba)

Oral Presentation

10:50 AM - 11:50 AM JST | 1:50 AM - 2:50 AM UTC | B(Conference Room Saturn)

環境2

Chairman:Daisuke Tsumune(University of Tsukuba)

10:50 AM - 11:05 AM JST | 1:50 AM - 2:05 AM UTC

[1B02] Development of an Environmental Transfer Parameter Database for the Assessment of Radionuclide Transfer in the Biosphere

○Keiko Tagami¹, Shigeo Uchida¹ (1. QST)

11:05 AM - 11:20 AM JST | 2:05 AM - 2:20 AM UTC

[1B03] The effect of sea salt on the soil-soil solution distribution coefficient of radioiodine

○Nobuyoshi Ishii¹, Keiko Tagami¹, Shigeo Uchida¹ (1. QST)

11:20 AM - 11:35 AM JST | 2:20 AM - 2:35 AM UTC

[1B04] Characteristics of geogenic radon potential in radon spring areas

○Tsuyoshi Nohara¹, Takesue Norito¹, Akihiro Sakoda¹, Chie Sakaguchi², Katsura Kobayashi² (1. JAEA, 2. Okayama Univ.IPM)

11:35 AM - 11:50 AM JST | 2:35 AM - 2:50 AM UTC

[1B05] Carbon Dioxide Absorption and Structure of Perovskite Structures

○Yusuke Chiba¹, Kiyoshi Nomura¹ (1. TMU/Graduate School of Science)

Invited Lecture

1:15 PM - 1:45 PM JST | 4:15 AM - 4:45 AM UTC | B(Conference Room Saturn)

東京電力福島第一原子力発電所事故関連1

Chairman:Daisuke Tsumune(University of Tsukuba)

1:15 PM - 1:45 PM JST | 4:15 AM - 4:45 AM UTC

[1B06] Analysis of Difficult-to-Measure Radionuclides by ICP-MS/MS and Solid-Phase Extraction: Application to Environmental Samples

○Hirofumi Tazoe¹ (1. IREM/Hirosaki Univ.)

Young Scientist Award Nominee

1:45 PM - 2:30 PM JST | 4:45 AM - 5:30 AM UTC | B(Conference Room Saturn)

東京電力福島第一原子力発電所事故関連2

Chairman:Keiko Tagami(QST)

1:45 PM - 2:00 PM JST | 4:45 AM - 5:00 AM UTC

[1B07] Validation of the ocean dispersion simulation of ALPS-treated water

○Tsumune Tsumune^{1,2}, Tsubono Takaki², Misumi Kazuhiro² (1. University of Tsukuba, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:00 PM - 2:15 PM JST | 5:00 AM - 5:15 AM UTC

[1B08] Estimation of Groundwater-Derived ¹³⁷Cs Flux to the Coastal Waters Surrounding the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Using Radium Isotope Tracers

○Hiroumi Iino¹, Daisuke Tsumune¹, Hiroaki Kato¹, Yuichi Onda¹, Shigeyoshi Otsuka² (1. University of Tsukuba, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:15 PM - 2:30 PM JST | 5:15 AM - 5:30 AM UTC

[1B09] Application of airborne monitoring data toward external radiation dose assessment for wild Japanese Macaques affected by the Fukushima daiichi nuclear power plant accident

○Jiaxin Li^{1,2}, Taku Sato³, Masatoshi Suzuki^{2,3,1,4}, Satoru Endo⁵, Koichi Chida^{3,4}, Manabu Fukumoto³, Hiroshi Kurikami², Seiji Hayashi², Yuji Owada², Tatsuo Aono² (1. Env. Radiat. Biomed., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ., 2. RECC, F-REI, 3. IRIDeS, Tohoku Univ., 4. Crs. Radiol. Technol., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ., 5. Grad. Sch. Adv. Sci. Eng., Hiroshima Univ.)

Invited Lecture

3:00 PM - 3:30 PM JST | 6:00 AM - 6:30 AM UTC | B(Conference Room Saturn)

食品照射1

Chairman:Norikaki Katayama(Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute)

3:00 PM - 3:30 PM JST | 6:00 AM - 6:30 AM UTC

[1B10] An Overview of Food Irradiation: Fundamental Principles and Applications

○Setsuko TODORIKI¹ (1. NARO/NFRI)

Oral Presentation

3:30 PM - 4:55 PM JST | 6:30 AM - 7:55 AM UTC | B(Conference Room Saturn)

食品照射2

Chairman: Masakazu Furuta (Osaka Metropolitan University), Setdsuko Todoriki (National Agriculture and Food Research Organization)

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

[1B11] International Trends of Food Irradiation

○Noriaki Kataoka¹ (1. TIRI)

3:50 PM - 4:05 PM JST | 6:50 AM - 7:05 AM UTC

[1B12] Food irradiation by low energy X-rays

○Tamikazu Kume¹, Thi Thuy Linh Nguyen¹, Noriaki Kataoka² (1. Dalat Univ., 2. TIRI)

4:05 PM - 4:20 PM JST | 7:05 AM - 7:20 AM UTC

[1B13] Application of low-energy X rays to decontamination of microorganisms

○Masakazu Furuta¹, Yaemi Kanno¹, Tomomi Kakuno¹, Thi Thuy Linh Nguyen², Tamikazu Kume², Yuko Kumeda³, Ryoko Asada¹, Masakazu Matsushita⁴, Hirokazu Ando⁵, Akiyoshi Masafumi¹, Masayuki Sekiguchi⁶, Mami Tanaka⁶, Noriaki Kataoka⁶ (1. Osaka Metropolitan University, 2. Dalat University, Vietnam, 3. NPO Center for Fungal Consultation, 4. Kobe University, 5. Osaka Metropolitan College of Technology, 6. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute)

4:20 PM - 4:35 PM JST | 7:20 AM - 7:35 AM UTC

[1B14] Study on Eggshell Sterilization Using Low-Energy Electron Beams

○Kaiji Uchida¹, Noriaki Kataoka¹ (1. Toyko Metropolitan Industrial Technology Research Institute)

4:35 PM - 4:50 PM JST | 7:35 AM - 7:50 AM UTC

[1B15] Comparative verification of irradiated foods detection method using 5,6-dihydrothymidine as irradiation indicator with the official methods

○Naoki Fukui¹, Kaiji Uchida², Seiko Nakagawa², Noriaki Kataoka², Takuya Fujiwara¹, Satoshi Takatori¹, Masakazu Furuta³ (1. Osaka Institute of Public Health, 2. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, 3. Osaka Metropolitan University)

Invited Lecture

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC | C(Conference Room Uranus)

放射線生物学1

Chairman: Ryoichi Hirayama (QST hospital)

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[1C01] Genomic studies of radiation induced tumors for advanced assessment of radiation associated cancer risk

○Kazuhiro Daino¹, Hirotaka Tachibana², Kenta Amano^{1,3}, Chizuru Tsuruoka¹, Atsuko Ishikawa¹, Shizuko Kakinuma⁴ (1. QST • NIRS, 2. CRIEPI, 3. Chiba Univ., 4. IES)

Young Scientist Award Nominee

11:00 AM - 12:00 PM JST | 2:00 AM - 3:00 AM UTC | C(Conference Room Uranus)

放射線生物学2

Chairman:Ryoichi Hirayama(QST hospital)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[1C02] Study on the enhancement of antioxidant functions in the heart, lungs, stomach, small intestine, and large intestine of mice with combined radon inhalation and thermal treatment

○Shogo Miyanaga¹, Takahiro Kataoka², Ayumi Tanaka¹, Reiju Takenaka¹, Shota Naoe³, Mitsuki Nagano¹, Shuna Goto¹, Kotaro tano¹, Norie Kanzaki³, Akihiro Sakoda³, Kiyonori yamaoka² (1. Graduate School of Health Sciences, Okayama Univ., 2. Health Sciences, Okayama Univ., 3. Ningyo-toge Environmental Engineering Center, JAEA)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[1C03] Development of a radon exposure device for cell experiments

○Ayumi Tanaka¹, Takahiro Kataoka², Reiju Takenaka¹, Shogo Miyanaga¹, Shota Naoe³, Mitsuki Nagano¹, Shuna Goto¹, Kotaro Tano¹, Norie Kanzaki³, Akihiro Sakoda³, Hiroaki Terato⁴, Kiyonori Yamaoka² (1. Graduate school of health sciences, Okayama Univ., 2. Health sciences, Okayama Univ., 3. Ningyo-toge Environmental Engineering Center, JAEA, 4. Advanced Science Research Center, Okayama Univ.)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[1C04] Assessment of Sensitivity to Radiation-Induced Reproductive Effects in Female *Brca1*-Mutant Rats○Chisaki Asaka^{1,2}, Yukiko Yano², Kento Nagata^{2,3}, Masaru Takabatake^{1,2}, Kazumasa Inoue¹, Tatsuhiko Imaoka^{2,3} (1. Graduate School of Human Health Sciences, TMU, 2. QST Institute for Radiological Science, 3. QST Institute for Quantum Life Science)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[1C05] Comparative Analysis of Global DNA Methylation Profiles in Radiation-Induced and Spontaneous Rat Mammary Carcinomas

○Misaki Mashiba¹, Tatsuhiko Imaoka², Masaru Takabatake^{1,2} (1. Tokyo Metropolitan Univ., 2. QST)

Invited Lecture

1:00 PM - 1:30 PM JST | 4:00 AM - 4:30 AM UTC | C(Conference Room Uranus)

ライフサイエンス1

Chairman:Keitaro Tanoi

1:00 PM - 1:30 PM JST | 4:00 AM - 4:30 AM UTC

[1C06] Study on Carbon Partitioning and Improvement of Utilization Characteristics by Modifying Starch Metabolism in Rice Straw

○Ryutaro Morita¹ (1. Grad. Sch. Agric. Life Sci., The Univ. of Tokyo)

Young Scientist Award Nominee

1:30 PM - 2:00 PM JST | 4:30 AM - 5:00 AM UTC | C(Conference Room Uranus)

ライフサイエンス 2

Chairman:Keitaro Tanoi

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:30 PM - 1:45 PM JST | 4:30 AM - 4:45 AM UTC

[1C07] Analysis of Newly Fixed Carbon Allocation to Soybean Roots under Abiotic Stress

○Aoi Nohara¹, Maho Shimada¹, Ayumi Agata¹, Mikio Nagazono¹, Ryohei Sugita², Hirokazu Takahashi¹ (1. Grad.Sch.Bioagr.Sci, Nagoya U, 2. RI.Res.Cent, Nagoya U)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:45 PM - 2:00 PM JST | 4:45 AM - 5:00 AM UTC

[1C08] Comparison of leaf position-dependent phosphorus allocation in Poplar between the growing and senescent seasons using ³²P○Aoi Hirata¹, Yuko Kurita¹, Ryohei Sugita², Natsuko Kobayashi¹, Keitaro Tanoi^{1,3} (1. UTokyo, 2. Nagoya Univ., 3. F-REI)

Young Scientist Award Nominee

2:10 PM - 2:55 PM JST | 5:10 AM - 5:55 AM UTC | C(Conference Room Uranus)

放射線化学 1

Chairman:Yusa Muroya(The University of Osaka)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:10 PM - 2:25 PM JST | 5:10 AM - 5:25 AM UTC

[1C09] Radiation-induced Redox Chemistry of Nitrogen Compounds:From Transient Intermediates Processes to Stable Product Formation

○Xiang Li¹, Akito Watanabe¹, Shinichi Yamashita¹, Atsushi Kimura², Mitsumasa Taguchi² (1. UTokyo, 2. QST)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:25 PM - 2:40 PM JST | 5:25 AM - 5:40 AM UTC

[1C10] 【発表取消】 Water radiolysis in the presence of hematite (Fe₂O₃) nanoparticles: Radical reactions and hydrogen evolution○YANSHAN LIAO¹, Akito WATANABE¹, Shinichi YAMASHITA¹, Atsushi KIMURA², Mitsumasa TAGUCHI² (1. School of Engineering The University of Tokyo, 2. National Institutes for Quantum Science and Technology)

2:40 PM - 2:55 PM JST | 5:40 AM - 5:55 AM UTC

[1C11] Comparative Hydroxyl Radical Scavenging and Chemical Repair Capabilities of Tyrosine- or Cysteine-Containing Positively Charged Peptides: A Pulse Radiolysis Study

○Chaozhong Tian¹, Akito Watanabe¹, Yui Obata², Hao Yu³, Atsushi Kimura³, Mitsumasa Taguchi³, Shinichi Yamashita¹ (1. School of Engineering, the University of Tokyo, 2. Faculty of Basic Natural Science, Ibaraki University, 3. Takasaki Institute for Advanced Quantum Science, National Institutes for Quantum Science and Technology)

Young Scientist Award Nominee

3:00 PM - 4:15 PM JST | 6:00 AM - 7:15 AM UTC | C(Conference Room Uranus)

放射線生物学 3

Chairman:Ryoichi Hirayama(QST hospital)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[1C12] Immunofluorescence-Based Visualization and Quantitative Analysis of X-ray-Induced DNA Base Damage and Associated DNA Repair Enzymes

○Kentaro Sugawara¹, Ryoichi Hirayama², Atsushi itou¹, Shigeo Yoshida¹ (1. Tokai Univ., 2. National Institutes for Quantum Science and Technology)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:15 PM - 3:30 PM JST | 6:15 AM - 6:30 AM UTC

[1C13] Changes in intracellular ATP levels specific to heavy-ion irradiation under hypoxic conditions

○Okabe Rin^{1,2}, Toshiki Aiba², Yuki Sakamoto², Cuihua Liu², Kazutaka Doi², Jitsukawa Kana², Masaru Goto¹, Ryoichi Hirayama^{1,2} (1. toho university, 2. QST)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

[1C14] Investigation of the Biological Effects of Ultra-High Dose Rate Carbon-Ion Irradiation on Tumor Cells and Tumor Tissues

○Hiromu Suda^{1,2}, Yukari Yoshida¹, Akihisa Takahashi¹, Ohno Tatsuya^{1,3} (1. GHMC, 2. Gunma Med, 3. Gunma Rad)

3:45 PM - 4:00 PM JST | 6:45 AM - 7:00 AM UTC

[1C15] Polar Aurora Belts as Prebiotic Hotspots:

A Magnetically Guided Plasma Hypothesis for the Origin of Life and Protocells

○Shinya Kato¹ (1. Kyoto University (KURNS))

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

4:00 PM - 4:15 PM JST | 7:00 AM - 7:15 AM UTC

[1C16] Detection of DNA double-strand breaks under continuous exposure to low concentration of tritiated water

○Kanata Izumi¹, Taku Sato¹, Jiaxin Li^{2,3}, Kyotaro Motomiya¹, Takuma Yamashita⁴, Yasushi Kino⁴, Manabu Fukumoto¹, Megumi Sasatani⁵, Masatoshi Suzuki^{1,2,3,6}, Koichi Chida^{1,6} (1. IRIDeS, Tohoku Univ., 2. Env. Radiat. Biomed., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ., 3. RECC, F-REI, 4. Radiochem., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ., 5. RIRBM, Hiroshima Univ., 6. Crs. Radiol. Technol., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ.)

Exhibition

10:00 AM - 5:00 PM JST | 1:00 AM - 8:00 AM UTC | D(Conference Room Mercury, Mars, Venus)

ポスター発表・機器展示

Poster Presentation

9:00 AM - 3:00 PM JST | 12:00 AM - 6:00 AM UTC | poster(Conference Room Mercury, Mars, Venus)

ポスター発表

[1P_E01] Incidents Related to Brachytherapy in the United States over the last 10 years

○Koji Honjo¹, Hitoshi Ikushima^{2,3}, Hiromichi Ishiyama^{2,4}, Hiroji Uemura^{2,5}, Takashi Uno^{2,6}, Hiroshi Onishi^{2,7}, Takefumi Satoh^{2,4}, Keiichi Jingu^{2,8}, Takahumi Toita^{2,9}, Katsumasa Nakamura^{2,10}, Takashi Hanada^{2,11}, Takashi Fukagai^{2,12}, Naoya Murakami^{2,13}, Tetsuo Momma^{2,14}, Yasuo Yoshioka^{2,15}, Ryoichi Yoshimura^{2,16}, Atsunori Yorozu^{2,14}, Naoyuki Shigematsu^{2,17} (1. Japan Radioisotope Association, 2. Subcommittee on Radiation Therapy, Medical Science and Pharmaceutical Committee, 3. Graduate School of Biomedical Sciences, Tokushima University, 4. School of Medicine Faculty of Medicine, Kitasato University, 5. Yokohama City University Medical Center, 6. Graduate School of Medicine, Chiba University, 7. Faculty of Medicine, University of Yamanashi, 8. Graduate School of Medicine, Tohoku University, 9. Okinawa Prefectural Chubu Hospital, 10. Hamamatsu University School of Medicine, 11. School of Medicine, Keio University, 12. School of Medicine, Showa Medical University, 13. Graduate School of Medicine, Juntendo University, 14. Tokyo Medical Center, 15. Japanese Foundation for Cancer Research, 16. Graduate School of Medical and Dental Sciences Medical and Dental Sciences, Institute of Science Tokyo, 17. Saitama Medical Center)

[1P_E02] Inter-annual Reproducibility of Qualitative Changes in Students' Perceptions and Understanding through Radiation Education in Undergraduate Courses

○Masahiro Hirota¹, Makoto Kita², Takuya Saze³, Yuichi Tsunoyama⁴ (1. Shinshu Univ., 2. Tottori Univ., 3. NIFS, 4. Kyoto Univ.)

[1P_E03] Acquisition of X-ray Transmission Images of Dried Sardines Using Exempt Sealed Sources and a Compact IP Reader for Radiation Education

○Atsushi Hirose¹ (1. Hoshi University)

[1P_E04] The linewidth of ESR spectra of alanine dosimeter dependence on photon energy

○Seiko Nakagawa¹, Kaiji Uchida¹, Maki Ohara², Akinari Yokoya², Noriko Usami³ (1. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, 2. National Institute for Quantum Science and Technology, 3. High Energy Accelerator Research Organization)

[1P_E05] Investigation of technical information on melting clearance

○Yoshinori Furuta¹, Taiki Yoshii¹, Shunya Nakasone¹, Kengo Shibuya¹, Hirotaka Sakai¹ (1. Nuclear Regulation Authority)

[1P_E06] Application of a Safe and Easy Educational Method for Measuring Natural Radiation from Radon:

A Preliminary Survey of Groundwater Radon Concentrations in the Tama and West-Central Kanagawa Area

○Kazuko Onishi¹ (1. Tokyo Gakugei Univ.)

◆ Poster Award candidate

[2P_E01] Development of novel adsorbent for the effective removal of cesium from aqueous solution

○Jigen Yamada¹, Souta Nakaya², Naoto Miyamoto³, Naoki Kano³ (1. Graduate school of natural science, Niigata University, 2. Graduate school of science and technology, Niigata University, 3. Faculty of Engineering, Niigata University)

◆ Poster Award candidate

[2P_E02] Evaluation of radioresistance and intracellular uptake after irradiation in the hypoxia-sensing phosphorescent probe BTPDM1

○Hina Miyazaki^{1,2}, Yukari Yoshida¹, Toshitada Yoshihara³, Akihisa Takahashi¹ (1. Division of Biology, Gunma University Heavy Ion Medical Center, 2. Interfaculty Initiative in Regulatory Science of Biomedical Science and Engineering, 3. Department of Chemistry, Graduate School of Science and Technology, Gunma University)

◆ Poster Award candidate

[2P_E03] Advanced Development of a Recovery Process for Medical Y-90 from High-Level Radioactive Waste

○Kaname Saga¹, TOMOHIRO KAWASAKI¹, Sho Ishii¹, Yasutoshi Ban¹ (1. Japan Atomic Energy Agency, Nuclear Science Research Institute)

◆ Poster Award candidate

[2P_E04] Development of measurement technique for α , β and γ rays using Nuclear Emulsions and its medical applications

○Leona Suzui¹, Tsutomu Fukuda¹, Shogo Nagahara¹, Sohichi Takeshita¹, Tsukasa Nishikiori¹, Sakura Shimizu¹, Akihiro Minamino², Toshiyuki Toshito³ (1. Nagoya Univ., 2. Yokohama National Univ., 3. Nagoya Proton Therapy Center)

◆ Poster Award candidate

[2P_E05] The role of organic anion transporting polypeptide 4A1 (OATP4A1) in gastrointestinal drug absorption

○Mizuki Takahashi¹, Konami Kato¹, Kaori Morimoto¹, Makoto Ishii¹, Mikio Tomita¹ (1. Tohoku Med Pharm Univ)

◆ Poster Award candidate

[2P_E06] Proposal of radiation education on the medical use for junior and senior high school students

○Shuhei Sakai¹, Shotaro Funyu¹, Koki Furubayashi¹, Yoshiko Sato², Hideki Fujino¹ (1. HMU, 2. Wakayama Shin-ai)

◆ Poster Award candidate

[2P_E07] Proposal for pharmaceutical quality testing using radiation measurement

○Megumi Matsumoto¹, Shuhei Sakai¹, Hideki Fujino¹ (1. HMU)

◆ Poster Award candidate

[2P_E08] Using Radioactivity Ratios to Identify Sources and Transport of Coastal Radionuclides off Fukushima

○Nimish Sudhir Godse¹, Daisuke Tsumune¹, Hiroaki Kato¹, Yuichi Onda¹, Shigeyoshi Otsuka² (1. University of Tsukuba, 2. The University of Tokyo)

◆ Poster Award candidate

[2P_E09] Development of a simple and efficient photo-analytical method for short range radiation by combining various interactions

○Kento Kannaka¹, Nobuki Kazuta¹, Hiroyuki Suzuki¹, Tomoya Uehara¹ (1. Grad. Sch. Pharm. Sci., Chiba Univ.)

◆ Poster Award candidate

[2P_E10] Concentrations of ¹³⁷Cs and carbon and nitrogen stable isotope ratio in ground-dwelling insects

○Ayumu Horiuchi¹, Fuki Kamo¹, Fumiaki Takakai², Takashi Sato², Sota Tanaka² (1. APU Graduate School, 2. Akita Prefectural Univ.)

◆ Poster Award candidate

[2P_E11] Impact of a carrier dose on the in vivo biodistribution of a PD-L1-targeting imaging probe

○Yuzu Kawamura¹, Hiroyuki Suzuki², Nobuki Kazuta², Kento Kannaka², Tomoya Uehara² (1. Faculty of Pharmaceutical Sciences, Chiba University, 2. Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Chiba University)

◆ Poster Award candidate

[2P_E12] Potential of Generative AI as a Study Partner for the Radiation Protection Supervisor Examination

○Yuki Yoshida¹, Yui Horikoshi¹, Takahiro Mikamoto¹ (1. Japan Radioisotope Association)

◆ Poster Award candidate

[2P_E13] Gamma-Ray Intensity Enhancement by Optimization of a High-Power Laser Optical System

○Keita Fujimoto¹, Toshiya Sanami³, Satoshi Hashimoto² (1. University of Hyogo, 2. Laboratory of Advanced Science and Technology for Industry, University of Hyogo, 3. High Energy Accelerator Research Organization)

Intro

🎵 Wed. Jul 8, 2026 10:00 AM - 10:10 AM JST | Wed. Jul 8, 2026 1:00 AM - 1:10 AM UTC | 🏛️ A(Miraikan Hall)

開会式

10:00 AM - 10:10 AM JST | 1:00 AM - 1:10 AM UTC

挨拶

Young Scientist Award Nominee

🎵 Wed. Jul 8, 2026 10:10 AM - 10:40 AM JST | Wed. Jul 8, 2026 1:10 AM - 1:40 AM UTC | 🏢 A(Miraikan Hall)

放射性薬剤1

Chairman: Tomoya Uehara (Chiba University)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

10:10 AM - 10:25 AM JST | 1:10 AM - 1:25 AM UTC

[1A01] Development of a novel ^{211}At -labeled multivalent PSMA derivative based on a neopentyl scaffold

○ Yui Terasaka Terasaka¹, Hiroyuki Suzuki¹, Kento Kannaka¹, Nobuki Kazuta¹, Kazuhiro Takahashi², Tomoya Uehara¹ (1. Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Chiba University, 2. Fukushima Medical University)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

10:25 AM - 10:40 AM JST | 1:25 AM - 1:40 AM UTC

[1A02] Synthesis and Evaluation of ^{125}I -Labeled Alkoxyamine Derivatives for Thermoresponsive Theranostics

○ Karin Nagahama¹, Toshihide Yamasaki¹, Kohei Sano¹, Takahiro Mukai¹ (1. Kobe Pharmaceutical Univ.)

ネオペンチル構造を基盤とした新規 ^{211}At 標識多価 PSMA 薬剤の開発Development of a novel ^{211}At -labeled multivalent PSMA derivative based on a neopentyl scaffold千葉大学大学院薬学研究院^{*1}, 福島県立医科大学^{*2}○寺坂 有生^{*1}, 鈴木 博元^{*1}, 甘中 健登^{*1}, 数多 伸紀^{*1}, 高橋 和弘^{*2}, 上原 知也^{*1}(TERASAKA, Yui^{*1}; SUZUKI, Hiroyuki^{*1}; KANNAKA, Kento^{*1}; KAZUTA, Nobuki^{*1};TAKAHASHI, Kazuhiro^{*2}; UEHARA, Tomoya^{*1})

1. はじめに

アスタチン-211(^{211}At)は、国内で製造可能である有望な α 線放出核種であり、標的 α 線治療への応用が期待される。我々は、これまでに生体内で ^{211}At を安定に保持可能なネオペンチル標識技術を利用し、前立腺がんを高発現する前立腺特異的膜抗原(PSMA)を標的とした ^{211}At 標識薬剤[^{211}At]At-NpG-D-PSMAを開発した。標的指向部位を分子内に複数有する多価薬剤は、標的分子への高い結合能を有することから、1価薬剤と比べて腫瘍集積のさらなる向上に有効である。そこで本研究では、PSMA 標的部位を3分子導入する新規多価 ^{211}At 標識薬剤を設計した。本手法により、従来化合物を上回る標的結合能を有する新規 ^{211}At 標識多価 PSMA 薬剤の開発を目指した。

2. 方法

^{211}At 標識実験に先立ち、入手及び取扱いの容易な ^{125}I を用いて基礎検討を行った。 ^{125}I 標識した多分枝コア化合物を事前に調製し、3分子のPSMA結合部位と反応させることで、 ^{125}I 標識3価PSMAを得た。 ^{125}I 標識3価PSMAの標的への結合集積の増強について細胞取込や内在化率を評価し、正常マウス体内放射能分布試験を行った。また、 ^{125}I 標識と同様の手法で ^{211}At 標識3価PSMAを合成し、 ^{125}I 標識体と同様、正常マウス体内放射能分布試験を行った。

3. 結果および考察

先行研究では、PSMA 標的部位を含む前駆体に対して、直接 ^{211}At を反応させた後、保護基を脱保護する直接標識法により[^{211}At]At-NpG-D-PSMAを作製した。しかし、PSMA 標的部位を3分子含む前駆体の合成は困難であったことから、 ^{125}I 標識3価PSMA、及び ^{211}At 標識3価PSMAは間接標識法により作製した。 ^{125}I 標識3価PSMAは、[^{125}I]I-NpG-D-PSMAと比較し、高い細胞取込と内在化率を認め、多価化による標的親和性の増強が示唆された。正常マウス体内放射能分布試験において、 ^{125}I 標識3価PSMA、及び ^{211}At 標識3価PSMAは、[^{211}At]At-NpG-D-PSMAと同様、PSMA 標的薬剤に特徴的な体内分布を示し、PSMA 発現臓器である腎臓への集積は高値であった一方、他の正常組織への集積は低値であった。化合物から放射性ハロゲンが脱離した場合には、胃や甲状腺への集積が認められるが、これら組織への放射活性の集積は確認されなかった。従って、 ^{125}I 標識3価PSMA、及び ^{211}At 標識3価PSMAは、いずれも生体内脱ハロゲン化に対して安定であることが示された。

4. 結論

^{211}At 標識3価PSMAは、生体内における ^{211}At の安定な保持と標的への親和性向上を両立する多価PSMA誘導体であることが示されたことから、1価薬剤と比べて腫瘍集積のさらなる向上が期待できる。

^{*1} Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Chiba University

^{*2} Fukushima Medical University

熱応答性セラノスティクスを目指した ^{125}I 標識アルコキシアミン誘導体の合成と評価

Synthesis and Evaluation of ^{125}I -Labeled Alkoxyamine Derivatives for Thermoresponsive Theranostics

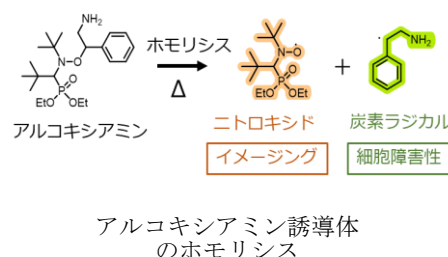
神戸薬科大学大学院薬学研究科^{*1}

○長濱 果林^{*1}, 山崎 俊栄^{*1}, 佐野 紘平^{*1}, 向 高弘^{*1}

(NAGAHAMA, Karin^{*1}; YAMASAKI, Toshihide^{*1}; SANO, Kohei^{*1}; MUKAI, Takahiro^{*1})

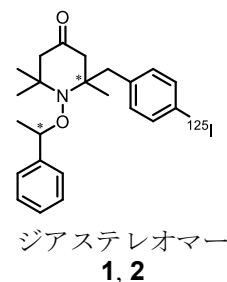
1. はじめに

>N-O-C 構造をもつアルコキシアミン誘導体は熱によるエネルギーによって、ホモリシス（ラジカル開裂）が促進され、ニトロキシドと炭素ラジカルが生じる（右図）。このとき生じる炭素ラジカルは、物理的障害による細胞障害性を有することが知られている。一方、ニトロキシドは、常磁性を有することから MRI プローブとして造影効果を示すが、その造影効果が低いことから高濃度を要するという課題がある。これに対して本研究では、アルコキシアミン誘導体に ^{125}I を標識した分子を設計し、放射線検出による高感度なイメージングと炭素ラジカルによる細胞障害性を有する、熱応答性セラノスティクスプローブを合成、評価することを目的とした。



2. 方法

4-Oxo-TEMPO を基本骨格とし、ピペリジン環の 2 位にベンジル基を導入した目的化合物 **1, 2** を合成した。また、開裂反応の活性化エネルギーを電子スピン共鳴装置で評価した。次に、放射性ヨウ素標識体の脂溶性や注射液中の安定性を評価し、健常マウスにおける体内放射能動態を評価した。続いて、目的化合物の細胞障害性が炭素ラジカルに起因するかを検証するため、42℃で 90 分間加温処置を実施した後の細胞生存率を評価した。また、比較実験として非加温群も同様の条件で実験を行った。



3. 結果および考察

放射化学的収率 60%、放射化学的純度 95%以上で ^{125}I 標識アルコキシアミン誘導体 **1** および **2** を合成することに成功した。**1, 2** の活性化エネルギーはともに約 120 kJ/mol であり、42℃における半減期は約 20 時間であることが分かった。また、log *P* は 5 付近を示し、**1** ならびに **2** は脂溶性の高い化合物であることが示された。さらに溶液中（1%EtOH, 0.1%tween80 in PBS）において 10 日間安定なことが示された。健常マウスにおいて両化合物の甲状腺への放射能集積量は低かったことから、ヨウ素の脱離は生じていないことが示唆された。続いて、化合物 **1, 2** (37 ~ 370 kBq) を細胞に添加し 42℃で加温処置した結果、各化合物で濃度に依存して細胞障害性が示された。一方、非加温群では細胞生存率の低下が小さかったことから、いずれの化合物においても温度に依存した細胞障害性を有することが示された。以上の結果から、目的化合物 **1, 2** はともに加温処置することで細胞障害性を有する化合物であることが示唆された。

4. 結論

^{125}I 標識アルコキシアミン誘導体の合成に成功し、生体内で安定な化合物であることが示された。また、本化合物が加温に依存して細胞障害性を有することが示唆された。今後は作用機序の解明や生体内分布を検討する。

^{*1} Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Kobe Pharmaceutical University

Invited Lecture

📅 Wed. Jul 8, 2026 10:40 AM - 11:10 AM JST | Wed. Jul 8, 2026 1:40 AM - 2:10 AM UTC | 🏢 A(Miraikan Hall)

放射性薬剤2

Chairman: Tomoya Uehara (Chiba University)

10:40 AM - 11:10 AM JST | 1:40 AM - 2:10 AM UTC

[1A03] Development of Cancer-Targeted Radiotheranostic Agents Based on Water-Soluble Polymers

○Kohei Sano¹ (1. Kobe Pharm. Univ.)

水溶性ポリマーを母体とするがん標的ラジオセラノスティクス薬剤の開発 Cancer-targeted theranostic radiopharmaceuticals based on water-soluble polymers

神戸薬科大学放射線管理室*

佐野 紘平*

(SANO, Kohei*)

近年、放射性薬剤を用いた進行がんに対する高い治療効果が相次いで報告されており、関連する放射性医薬品開発への期待が高まっている。一方で、治療用放射性薬剤には診断用薬剤以上に厳密な体内動態制御および高いがん選択性が求められるため、創薬における難易度は高く、本分野は依然として発展途上にある。したがって、放射能をがん組織へ選択的かつ効率的に送達・滞留させる新たな技術基盤の構築が求められている。

演者は、水溶性ポリマーであるポリオキサゾリン (POZ) やポリオリゴエチレングリコールメチルエーテルメタクリレート (POEGMA) の熱応答性凝集特性に着目し、これらを利用したがん治療用放射性薬剤の開発を進めてきた。これらのポリマーは一定温度以上で凝集する性質を有しており、加温処置との組み合わせによりがん組織内での局所的な滞留性の向上が期待できる。また、ポリマーは診断用放射性同位元素で標識することで、がん組織への放射能の送達可能性について評価を実施することができ、ラジオセラノスティクスへの展開が期待される。

本講演では、熱応答凝集性ポリマーを基盤とする放射性薬剤の開発研究について紹介する。

まず、がん組織内投与型の小線源治療薬剤の開発について検討した。密封小線源療法は高い局所制御効果を示す一方、線源留置操作の煩雑さなどの課題を有する。そこで演者は、室温では溶液状態を維持し、がん組織内投与後には体温で凝集するインジェクタブル型小線源療法用薬剤を設計・合成した。体温条件下で凝集する ^{111}In 標識 POZ を作製し、前立腺がん担当がんマウスで評価した結果、がん組織内において長期間かつ局所的な放射能滞留が確認された。さらに、 ^{90}Y 標識 POZ を用いた治療実験では、顕著な副作用を認めることなく高い抗がん効果が得られ、がん組織内投与型核医学治療への有用性が示された (Sano K., et al. *J Nucl Med*, 2017)。

次に、静脈内投与と温熱療法を組み合わせた小線源型放射線治療法について検討した。温熱療法適用温度 (42–43°C) 付近で凝集する POZ 誘導体およびその ^{111}In 標識体を合成し、加温条件下でのがん集積性を評価した。その結果、加温条件下では非加温時と比較してがん集積が約 2 倍向上し、正常組織に対しても高いがん選択性を示した。また、インビボ共焦点蛍光顕微鏡観察により、この集積亢進には POZ の熱応答性凝集が関与することを明らかにした (Sano K., et al. *Mol Pharm*, 2018)。さらに、 ^{90}Y 標識 POZ の静脈内投与と温熱療法を併用した治療実験では、優れたがん増殖抑制効果が認められた (Sano K., et al., *Int J Pharm*, 2025)。

また、がんのラジオセラノスティクスを目的としたリポソーム製剤の開発において、がん組織への放射能集積の増強を目指し、POZ を導入したリポソーム製剤を作製した。担当がんマウスを用いた検討において、本製剤の ^{111}In 標識体は、がんの加温処置との組み合わせにより、ポリマーの凝集作用を介してがん組織への集積が大幅に改善されたことから、治療用放射性同位元素にて標識した本リポソーム製剤を用いる核医学治療の可能性が示された (Fukada T, Sano K., et al., *Mol Pharm*, 2026)。

* Radioisotope Research Center, Kobe Pharmaceutical University

Young Scientist Award Nominee

🎵 Wed. Jul 8, 2026 11:15 AM - 12:00 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 2:15 AM - 3:00 AM UTC | 🏢 A(Miraikan Hall)

核種製造

Chairman: Noriko Ishioka(QST)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[1A04] Measurement of yttrium-isotope production cross sections on the $^{nat}\text{Sr}+d$ reaction

○ Akihiro Nambu^{1,2}, Masayuki Aikawa^{1,2,3,4}, Yudai Shigekawa², Yousuke Kanayama², Tomohiro Tomitsuka², Sayantani Mitra², Hiromitsu Haba² (1. Hokkaido Univ. Biomedical Science and Engineering, 2. RIKEN Nishina Center, 3. Hokkaido Univ. Science, 4. Hokkaido Univ. Global Center)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[1A05] Verification and Validation for Three Quantum Beams and Laser Light as Alternative Routes to Current Commercial Production of Lutetium-177

○ Luis Fernando Salas Tapia¹, Kunihiro Miyoshi¹, Ying Yang¹, Chao Zhang², Shuichi Hasegawa^{1,2} (1. Department of Nuclear Engineering and Management / The University of Tokyo, 2. Nuclear Professional School / The University of Tokyo)

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[1A06] Evaluation of the Scalability of ^{177}Lu Production with a mA-Class Deuteron Linac

○ Hiroshi Nakagomi¹, Masatoshi Yasuda¹, Souichi Ueno¹, Shunichiro Omika¹, Kazuaki Tsukada², Yuki Ohnishi², Masatoshi Itoh² (1. Toshiba Corporation, 2. Tohoku University)

$^{nat}\text{Sr}+d$ 反応によるイットリウム同位体の生成断面積測定Measurement of yttrium-isotope production cross sections on the $^{nat}\text{Sr}+d$ reaction

北海道大学医理工学院^{*1}, 理化学研究所仁科加速器科学研究センター^{*2}, 北海道大学理学部^{*3},
北海道大学医理工学グローバルセンター^{*4}

○南部 明弘^{*1,2}, 合川 正幸^{*1,2,3,4}, 重河 優大^{*2}, 金山 洋介^{*2}, 富塚 知博^{*2},
ミトラ サヤンタニ^{*2}, 羽場 宏光^{*1}

(NAMBU, Akihiro^{*1,2}; AIKAWA, Masayuki^{*1,2,3,4}; SHIGEKAWA, Yudai^{*2};
KANAYAMA, Yousuke^{*2}; TOMITSUKA, Tomohiro^{*2}; MITRA, Sayantani^{*2}; HABA, Hiromitsu^{*2})

1. はじめに

イットリウムの放射性同位体 $^{86,87,88}\text{Y}$ は、PET イメージングや検出器校正などの用途で応用が期待されている。これらの核種は加速器で製造できるが、Sr の薄膜標的を製造することが難しいため、核反応断面積の実験データが不足している。本研究では、インクジェットプリンタによる最新の標的作製法[1]に注目し、これを断面積測定実験に応用するための手法を検討した。また、この手法で ^{nat}Sr の硝酸塩標的を作製し、これに重陽子を照射してイットリウム同位体の生成断面積を測定した。

2. 方法

インクジェットプリンタ (PJK-200S, マイクロジェット株式会社) を用いて ^{27}Al 箔(厚さ 10 μm)に $^{nat}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 溶液(11.4 mg/mL)を滴下して乾燥させることで $^{nat}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 標的を作製した。標的の厚みは、事前に添加した ^{85}Sr トレーサの放射能から求めた。オートラジオグラフィと SEM による観察結果から解析で標的の厚みの不均一性を調べ、モンテカルロ計算で減衰によるビームエネルギーの広がり評価した。断面積測定のため、 $^{nat}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 標的(面密度 70–90 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)と、エネルギー測定用の ^{nat}Cu 箔(25 μm)とを交互に重ねた 1 組の標的を用意した。理化学研究所 AVF サイクロトロンで 24 MeV に加速した重陽子を平均強度 99.3 nA で 15 分間標的に照射した。照射後、 ^{nat}Sr 標的と ^{nat}Cu 箔の γ 線をゲルマニウム半導体検出器で測定して、生成核を定量した。

3. 結果および考察

インクジェットプリンタ製の標的の厚みの不均一性に由来する実験誤差は約 3%であり、断面積測定実験における本手法の有効性を示すことができた。本実験により、 $^{86\text{m}},^{86\text{g}},^{87\text{m}},^{87\text{g}},^{88}\text{Y}$ の生成断面積を測定した。 $^{86\text{m}}\text{Y}$ の生成断面積は今回の実験で初めて得られた。その他のデータは、文献値[2]や理論計算ライブラリ[3]と概ね一致した。

4. 結論

インクジェットプリンタで $^{nat}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 標的を作製して、重陽子入射反応による $^{86,87,88}\text{Y}$ の生成断面積を測定した。今回用いた実験手法は Sr に限らず様々な元素に応用でき、少量の物質からでも効率よく標的を製造できるため、今後の断面積測定実験へのさらなる応用が期待される。

参考文献

- [1] R. Haas *et al.*, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A, **874** (2017) 43.
- [2] A. Hermanne *et al.*, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B, **511** (2022) 91.
- [3] A. Koning *et al.*, Eur. Phys. J. A, **59** (2023) 131.

^{*1} Graduate School of Biomedical Science and Engineering, Hokkaido University

^{*2} RIKEN Nishina Center

^{*3} Faculty of Science, Hokkaido University

^{*4} Global Center for Biomedical Science and Engineering, Faculty of Medicine, Hokkaido University

Verification and Validation for Three Quantum Beams and Laser Light as Alternative Routes to Current Commercial Production of Lutetium-177

Department of Nuclear Engineering and Management^{*1}, Nuclear Professional School, The
University of Tokyo^{*2}

○SALAS-TAPIA Luis Fernando^{*1}, MIYOSHI Kunihiro^{*1}, YANG Ying^{*2}, ZHANG Chao^{*2}, HASEGAWA
Shuichi^{*1,2}

1. Introduction

Intravenous injection or oral administration of radioactive substances into human body allows us to either visualize internal molecular behaviors or destroy malignant cells. Treatment of prostate cancer and neuroendocrine tumors can be addressed by attaching a ligand to a radioisotope. Lutetium-177 withholding properties of β^- decay mode and half-life time of 6.7 days is being used as the emitter of ionizing radiation on focalized spots of organs and tissues. The concern rises because currently the solo commercial route to procure Lu-177 relies entirely on research reactors which employ thermal neutrons. Utilizing deuterons from a cyclotron, fast neutrons from a sodium-cooled fast reactor (SFR), and photons from an electron accelerator may be promising if optimization in main target, converter, moderator, and irradiation period is investigated. Plus, elevating the isotopic percentage of a particular isotope using laser light may facilitate the fabrication of samples before bombardment in any of those three machines.

2. Methodology

Considering Ytterbium-176 (Yb-176) as the precursor, two channels exist in nature: $^{176}\text{Yb}(n,\gamma)^{177}\text{Yb} \rightarrow ^{177}\text{Lu}$ and $^{176}\text{Yb}(d,n)^{177}\text{Lu}$. Commencing from Hafnium-178 (Hf-178), $^{178}\text{Hf}(\gamma,p)^{177}\text{Lu}$ subsists as well. Two famous radiation transport codes — PHITS and FLUKA — permit to predict activation and yield for numerous nuclear reactions. Well-known libraries — JENDL, CENDL, ENDF, JEFF, and TENDL — contain evaluated information on the probability of interaction between particles and materials. Extracting experimental data from recent published manuscripts makes it possible to decipher which combination of code + library is more precise when estimating activity and impurities. As a prospective plan for enrichment of Yb-176, verification and validation (V&V) are applied to the beam coming from a lab-made External Cavity Diode Laser (ECDL).

3. Results and Discussion

Taking Yb-176 as the main target: concerning neutrons, PHITS + ENDF/B-VIII.1 resulted in a more precise combination; regarding deuterons, PHITS + JENDL-5 better reproduced the activity. For electron transport and subsequent photons on Hf-178, FLUKA + JEFF-4 showed near values to experimental outcomes. Comparing fast neutron spectrum in a sodium/U-Pu assembly, Serpent + JEFF-4 reported similar data to experimental multiplication factor k_{eff} . Laser light from ECDL displayed elongated shape on wavemeter (~ 398.9 nm), distinguished fringes after etalon, and fluorescence of natural ytterbium atoms when executing scans in a vacuum environment ($^1\text{S}_0 \rightarrow ^1\text{P}_1$).

4. Conclusion

Examining the feasibility of new paths for acquisition of a particular unstable specie implied using realistic data from former tests. Computational benchmarking is properly executed if similarities in geometry, energy, and beam shape are consistently modeled. Experimental V&V for laser light guarantees that subsequent stages of isotope separation can be performed from a robust source.

mA 級重陽子線形加速器による ^{177}Lu 製造検討Evaluation of the Scalability of ^{177}Lu Production with a mA-Class Deuteron Linac

株式会社東芝 総合研究所 エネルギーシステム R&D センター^{*1},
 東北大学 先端量子ビーム科学研究センター^{*2}

○中込 宇宙^{*1}, 安田 浩昌^{*1}, 上野 聡一^{*1}, 大甕 舜一朗^{*1},
 塚田 和明^{*2}, 大西 裕季^{*2}, 伊藤 正俊^{*2}

(NAKAGOMI, Hiroshi^{*1}; YASUDA, Hiromasa^{*1}; UENO, Souichi^{*1}; OMIKA, Shunichiro^{*1};
 TSUKADA, Kazuaki^{*2}; OHNISHI, Yuki^{*2}; ITOH Masatoshi^{*2})

1. はじめに

医療用 RI の ^{177}Lu (半減期 6.65 日) はがん治療薬に使用されている重要核種だが、海外輸入に依存しており国産化の議論が進んでいる。製造手段の一つに加速器が挙げられる。本稿では大量製造手法確立を目指し、反応断面積の大きい重陽子と ^{176}Yb を照射粒子と標的として選択した[1]。重陽子照射では医療用としては不純物となる $^{177\text{m}}\text{Lu}$ (半減期 160.4 日) も副生される。市販薬の基準純度 ($^{177\text{m}}\text{Lu}/^{177}\text{Lu}$) は 0.05% 以下のため、基準値を満たす照射条件が必要だが、 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の断面積データ不足により生成割合が不明である。そこで、東北大学先端量子ビーム科学研究センターにて照射条件の試験検証をした。

2. 方法

天然 Yb 金属標的に 25~15MeV かつ 0.5~1 μA の照射条件で重陽子を照射した。 ^{177}Lu は約 1 カ月、 $^{177\text{m}}\text{Lu}$ は約半年の冷却期間後、208.37keV のガンマ線を Ge 検出器で測定し生成量を評価した。

3. 結果および考察

図 1 にガンマ線測定結果例を示す。生成量を評価した結果、25~15MeV の範囲で $^{177\text{m}}\text{Lu}$ の生成量が基準値 0.05% 以下となることを確認した。また、その他の Lu 同位体を考慮した場合でも、20MeV 未満かつ 15MeV 以上で基準値を満たす結果となった[2]。1.5mA 級加速器[3]にて 24h 照射かつ 2.5 日冷却した場合、100%濃縮 ^{176}Yb 金属標的および Yb203 標的でそれぞれ約 140~230GBq、約 100~180GBq の ^{177}Lu 生成量となることが判明した。また、比放射能においては約 0.5~1GBq/ μg に相当することが判明した。

4. 結論

照射試験により、15MeV 以上 20MeV 未

満のビームエネルギーで基準純度 0.05% を満たすことが判明した。今後、入手可能な濃縮ターゲット形態をベースに生成量評価進めていく必要がある。

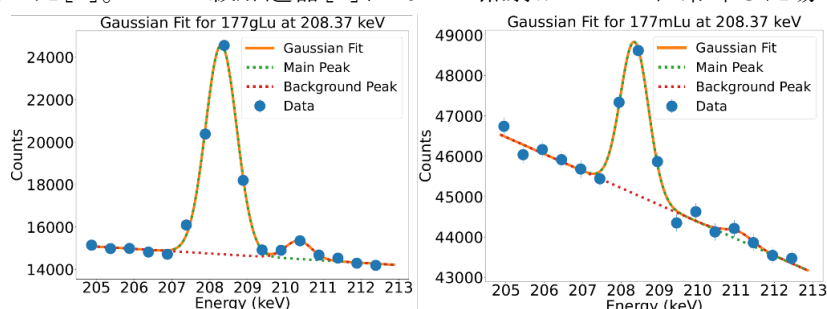


図 1 25MeV 照射時の ^{177}Lu 及び $^{177\text{m}}\text{Lu}$ のガンマ線ピーク

[1] M. U. Khandaker et al. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B 335, 8 (2014)

[2] 中込宇宙 他, mA 級重陽子加速器による ^{177}Lu 生成検討, 日本原子力学会 2026 年春の年会, 3G10

[3] H. Yasuda et al Proc. IPAC'24, Nashville, TN, USA, May 19–24, 2024, pp.3536–3538
 doi:10.18429/JACoW-IPAC2024-THPR20

^{*1} Energy Systems R&D Center, Corporate Laboratory, Toshiba Corporation

^{*2} Research Center for Accelerator and Radioisotope Science, Tohoku University

Invited Lecture

🎵 Wed. Jul 8, 2026 1:00 PM - 1:30 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 4:00 AM - 4:30 AM UTC | 🏢 A(Miraikan Hall)

獣医療1

Chairman: Takehiko Kakizaki (Kitasato University)

1:00 PM - 1:30 PM JST | 4:00 AM - 4:30 AM UTC

[1A07] Bone scintigraphy in racehorses: The first clinical introduction in Japan

○ Motoi Nomura¹ (1. Japan Racing Association)

競走馬を対象とした骨シンチグラフィー：国内初導入とその実際 Bone scintigraphy in racehorses: The first clinical introduction in Japan

日本中央競馬会 競走馬総合研究所^{*1}

野村 基惟^{*1}

(NOMURA Motoi)

1. 競走馬を対象とした画像診断と核医学検査

日々の高強度トレーニングを続ける競走馬には骨疾患が多く、海外での競走馬医療への骨シンチグラフィーの導入は 1970 年代に遡る。2010 年代後半には馬用の立位 PET 検査の臨床応用も進み、米国を中心に有用性の検討が進んでいる。また近年は、競走馬の福祉向上を目的とした重篤な骨折の発症メカニズムに関する研究が進み、前駆病変としての微細な骨損傷を画像診断で評価しようとする機運が高まっている。高度化する競走馬の画像診断技術は、臨床検査法としてだけでなく、重篤な骨折の発症リスクを評価する手法としても幅を広げており、核医学検査もその一翼を担っているといえる。

2. 本邦における馬を対象とした核医学検査の導入

本邦における獣医核医学検査は、法的制約に伴い長らく導入が進んでこなかったが、2009 年には獣医療法施行規則が改正され、犬および猫を対象とした各種シンチグラフィーおよび一部の PET 検査、馬を対象とした骨シンチグラフィー (^{99m}Tc) に限って実施が可能となった。その後も、施設整備上のハードルに加え、糞尿や敷料の処理をはじめとする大動物特有の課題への対応を進め、2025 年末、当会美浦トレーニング・センター競走馬診療所に国内初となる馬を対象とする核医学検査施設が整備された。ここに至るまで、獣医核医学検査の重要性と競走馬医療の進歩を支持してきた多くの先人の尽力があったことを付記したい。

3. 競走馬医療での活用と検査の運用

これまで当会で競走馬の跛行診断を行う際には、X 線検査、超音波検査、立位 MRI 検査といった画像診断を組み合わせ活用してきた。しかし立位 MRI の適用は四肢遠位部に限られ、X 線検査や超音波検査も体重 500kg ほどにもなるサラブレッドでは物理的にアプローチが難しい部位もある。全身の骨代謝情報を取得可能な骨シンチグラフィーは、特に四肢近位部や体幹部の骨病変に対する診断精度の向上に寄与するものと期待している。

検査では、午前中に ^{99m}Tc -HMDP を 10 MBq/kg を基準に投与し、全身の骨への分布を考慮して午後撮影を行う。検査後は核医学検査施設内の専用馬房で管理し、法令に基づき RI 投与から 48 時間経過以降に退院とする。具体的な検査運用の確立にあたっては、諸外国の馬診療施設への研修や海外獣医師の招聘を通じ、検査時の動線構築や競走馬に適した撮影プロトコル作成等を進めている。

本講演では、核医学検査施設の概要とともに、現在検討を進めている運用や検査対象症例等について紹介する。

^{*1} Japan Racing Association Equine Research Institute

Young Scientist Award Nominee

🎵 Wed. Jul 8, 2026 1:30 PM - 2:15 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 4:30 AM - 5:15 AM UTC | 🏠A(Miraikan Hall)

獣医療 2

Chairman: Takehiko Kakizaki (Kitasato University), Miori Kishimoto (Tokyo University of Agriculture and Technology)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:30 PM - 1:45 PM JST | 4:30 AM - 4:45 AM UTC

[1A08] Differences in Lung Lobe Volumes Among Dog Breeds to Be Noted in CT-derived Pulmonary Functional Imaging

○ Kentaro Yamazaki¹, Airi Kaneyama², Kosei Teraoka², Chiharu Ito², Akari Taniguchi², Masayoshi Nagakawa¹, Yukiko O'Brien^{1,2}, Masaaki Katayama^{3,4}, Ryuji Fukushima^{1,5}, Miori Kishimoto^{1,2} (1. TUAT-Grad, 2. TUAT, 3. Iwate Univ, 4. IU-VTH, 5. KAMEC)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:45 PM - 2:00 PM JST | 4:45 AM - 5:00 AM UTC

[1A09] Basic study toward clinical application of BNCT in companion animals

○ Hajime Sashida¹, Hiroki Higuchi¹, Takehiko Kakizaki¹, Seiichi Wada¹, Masahiro Natsuhori¹ (1. Kitasato University)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:00 PM - 2:15 PM JST | 5:00 AM - 5:15 AM UTC

[1A10] A Fundamental Study on the Implemation of Radioiodine Therapy for Feline Hyperthyroidism in Japanese Veterinary Medicine

○ Ko Sasaki¹, Yuto Kikuchi¹, Takehiko Kakizaki¹, Wada Seiichi¹, Masahiro Natsuhori¹ (1. Kitasato univ)

CT を用いた肺機能診断で留意すべき犬種による各肺葉体積の違い
Differences in Lung Lobe Volumes Among Dog Breeds to Be Noted in CT-derived Pulmonary
Functional Imaging

東京農工大・院^{*1}、東京農工大^{*2}、岩手大・院³、岩大附属動物病院⁴、小金井 動物救急医療センター⁵
○山崎 健太郎^{*1}、金山 あいり^{*2}、寺岡 昂星^{*2}、伊藤 千晴^{*2}、谷口 あかり^{*2}、長川 雅佳^{*1}、
オブライエン 悠木子^{*1,2}、片山 泰章^{*3,4}、福島 隆治^{*1,5}、岸本 海織^{*1,2}
(YAMAZAKI, Kentaro^{*1}; KANEYAMA Airi^{*2}; TERAOKA Kosei^{*2}; ITO Chiharu^{*2};
TANIGUCHI Akari^{*2}; NAGAKAWA Masayoshi^{*1}; SASSA-O'BRIEN Yukiko^{*1,2};
KATAYAMA Masaaki^{*3,4}; FUKUSHIMA Ryuji^{*1,5}; KISHIMOTO Miori^{*1,2})

1. はじめに

獣医療において、肺機能进行评估する検査法は限られている。近年、CT 装置のダイナミック撮影を応用することで、肺血流量や換気量といった肺機能を検査する方法が検討されている。これらの機能検査を犬で実施する上で問題となるのが、犬種ごとの胸郭形状の違いにより、各肺葉の相対的な大きさが異なる可能性があることである。この違いは、犬種ごとに各肺葉の血流量および換気量の分布が変化する要因となり得る。そこで本研究では、CT を用いた肺機能評価を行うための基礎的検討として、犬種間で各肺葉の相対的な大きさに差異が存在するかを検証した。

2. 方法

呼吸器および心疾患のない5犬種のCTデータをを用いて回顧的に解析を行った。7つの肺葉体積を計測し、全ての肺葉体積の合計を全肺体積とした。計測した各体積から、全肺体積に対する各肺葉体積の比率を算出した。算出した各肺葉体積の比率を犬種間で比較した。加えて、右前葉と左前葉、右後葉と左後葉、および中葉と副葉の体積差を各犬種において比較した。

3. 結果および考察

全肺体積に対する前葉後部、中葉、および副葉体積の比率は、いずれも犬種間で有意な差を示した。中葉および前葉後部の比率は、胸郭が幅広い犬種で大きかった。一方、副葉の比率は体格の大きな犬種で大きかった。このような犬種では気管と気管支の距離が広いことが比率差の原因として考えられる。右前葉と左前葉、右後葉と左後葉、および中葉と副葉の体積には、ほとんどの犬種で有意な差を認めなかった。これらの対応する肺葉間の大きさの比較は、肺機能の相対評価に有用な指標となる可能性がある。

4. 結論

犬種ごとの胸郭形状の違いにより、各肺葉の相対的な大きさは異なることが示唆された。CT を用いた肺機能評価においては犬種差の考慮が必要である。

^{*1} Cooperative Division of Veterinary Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

^{*2} Cooperative Department of Veterinary Medicine, Tokyo University of Agriculture and Technology

^{*3} Cooperative Division of Veterinary Sciences, Iwate University

^{*4} Division of Companion Animal Surgery, Iwate University

^{*5} Koganei Animal Medical Emergency Center, Tokyo University of Agriculture and Technology

伴侶動物における BNCT の臨床応用に向けた基礎的検討

Basic study toward clinical application of BNCT in companion animals

北里大学・獣医^{*1}

○指田 元^{*1}, 夏堀 雅宏^{*1}, 日口 裕貴^{*1}, 佐々木 康^{*1}, 渡邊 小梅^{*1}, 和田 成一^{*1}, 柿崎 竹彦^{*1}
(SASHIDA, Hajime^{*1}; NATSUHORI, Masahiro^{*1}; HIROKI, Higuchi^{*1}; SASAKI, Kou^{*1};
WATANABE, Koume^{*1}; WADA, Seiichi^{*1}; KAKIZAKI, Takehiko^{*1})

1. はじめに

ホウ素中性子捕捉療法 (Boron Neutron Capture Therapy : BNCT) は、ホウ素 (^{10}B) と熱中性子の核反応により生じる高 LET 放射線を利用したがん治療法である。ヒト医療では 2020 年に頭頸部癌を対象として保険適用が開始されている。一方、伴侶動物医療においても難治性腫瘍の新たな治療法として BNCT の臨床応用が期待されている。しかし、BNCT では照射された中性子が体内元素と反応し放射性核種を生成する「放射化」が生じる。このため、治療後の動物自身の被ばく、飼い主の外部被ばく、排泄物の取り扱いなど放射線防護上の評価が必要となる。本研究では、BNCT 後に伴侶動物体内で生成される放射化核種に着目し、放射線防護の観点から安全性評価を行った。

2. 方法

台湾の THOR におけるヒト BNCT 後の実測データを基に、主要な放射化核種 (^{24}Na 、 ^{49}Ca 、 ^{38}Cl 、 ^{42}K) の減衰挙動および寄与率を解析した。さらに、体重 3~70 kg、循環血液量 70~90 mL/kg の条件で伴侶動物モデルを設定し、血中 ^{24}Na 濃度の最大値を用いて BNCT 後の放射化による動物自身の内部被ばくを推定した。また、 ^{24}Na の時間減衰を考慮して飼い主の外部被ばくにおける積算線量を算出し、公衆被ばく線量限度である 1 mSv/年との比較により安全性を評価した。加えて、既存の獣医学的データを用いて尿中および糞中への ^{24}Na 移行量を推定し、 ^{24}Na の下限数量である 1×10^5 Bq との比較を行った。

3. 結果および考察

短半減期核種である ^{49}Ca や ^{38}Cl は速やかに減衰し、4 時間経過後は ^{24}Na が合計放射能の 90% を占めた。全核種合計と比較して、全ての放射能を ^{24}Na 由来であると仮定した時の評価は安全側となることが示された。BNCT 後の放射化による動物自身の内部被ばくは 2.5~73.9 μSv と推定された。飼い主の外部被ばくでは、初期線量率が約 46 $\mu\text{Sv/h}$ 未満であれば、 ^{24}Na の物理学的減衰を考慮した積算線量は 1 mSv に達しないことが示された。さらに、尿中 Na 量/血中 Na 量比の最大値は 0.535、糞中 Na 量/血中 Na 量比の最大値は 0.0900 と算出され、これらを用いて推定した尿中および糞中 ^{24}Na 放射能はいずれの条件でも ^{24}Na の下限数量である 1×10^5 Bq を下回った。したがって、BNCT 後の排泄物について放射性物質としての管理が必要ではなく、一般廃棄物として扱うことが望ましいと考えられた。

4. 結論

BNCT 後に生じる放射化による被ばくは、動物自身の内部被ばくおよび飼い主の外部被ばくのいずれにおいても低い水準であることが示された。また、尿中および糞中に排泄される ^{24}Na 放射能は、保守的な条件下でも下限数量を下回ると推定され、排泄物管理の観点からも安全性が示唆された。以上より、BNCT 後の放射線評価では ^{24}Na を代表核種として扱い、時間減衰および下限数量との比較を組み合わせることで、安全側かつ実用的な管理が可能であると考えられた。本研究は、伴侶動物における BNCT の臨床応用に向けた放射線防護および安全管理体制の構築に資する基礎的知見を提供するものである。

^{*1} Laboratory of Veterinary Radiology, School of Veterinary Medicine, Kitasato University

我が国の獣医療における猫の甲状腺機能亢進症に
対する放射性ヨウ素療法に関する基礎的検討

A FUNDAMENTAL STUDY ON THE IMPLEMENTATION OF RADIOIODINE THERAPY
FOR FELINE HYPERTHYROIDISM IN JAPANESE VETERINARY MEDICINE

北里大学 獣医学科 獣医放射線学研究室*1,

○佐々木 康¹, 菊池 悠斗¹, 夏堀 雅宏¹, 指田 元¹, 渡邊 小梅¹, 和田 成一¹,
柿崎 竹彦¹ (SASAKI Kou¹; KIKUCHI Yuto¹; NATSUHORI Masahiro¹; SASHIDA Hajime¹; WATANABE
Koume¹; WADA Seiichi¹; KAKIZAKI Takehiko¹)

1. はじめに

猫の甲状腺機能亢進症は高齢猫に多い代表的内分泌疾患であり、ヨウ素 131 (I-131) を用いた放射性ヨウ素療法は欧米で標準的治療として広く実施されている。一方、日本では法制度上の制約により本治療は導入されておらず、放射線防護および排泄物管理が課題となっている。特に外部被ばくおよび排泄物を介した二次被ばくの適切な評価が重要である。人医療ではガイドラインに基づく安全管理体制が確立されていることから、その枠組みの応用が期待される。本研究では、被ばく評価および米英の規制を踏まえ、日本における実現可能な管理指針の構築を目的とした。

2. 方法

本研究では、I-131 投与後の放射能減衰および排泄動態を基に被ばく評価を行った。投与量は最大 250 MBq とし、物理学的半減期 (8.02 日) を用いて体内残留放射能の推移を算出した。外部被ばくについては距離・接触時間を考慮して飼い主の被ばく線量を推定した。さらに排泄物中の放射能について減衰シミュレーションを行い、保管期間を検討し、猫砂等からの外部被ばく線量についても算出した。加えて米国および英国の法規制・運用実態を調査し、日本への適用可能性を比較検討した。

3. 結果

I-131 (250 MBq 投与) は約 10~11 日で退院基準 (100 MBq 以下、6.5 μ Sv/h 以下) を満たし、入院期間は約 11 日が妥当と算出された。放射線診療従事者の被ばくは外部・内部ともに十分低く、適切な防護により安全に管理可能であった。退院後の被ばくは無制限条件では 1 mSv を大きく超えるが、行動制限を設けることで 0.81 mSv に抑制され、基準内に管理可能であった。排泄物は約 64 日で下限数量以下となり、減衰保管が必要とされた。またペットシートや猫砂からの外部被ばく線量については 30 日間の積算被ばく線量が 116.4 μ Sv であった。さらに、米英の制度と比較し、日本では排水・退院基準に制度的制約があるものの、防護原則や管理手法は導入可能であることが示された。

4. 考察と結論

日本における猫の放射性ヨウ素治療は、人医療の放射線管理体系を基盤とし、退院基準と行動制限を組み合わせることで安全に導入可能であると考えられた。減衰特性および排泄動態から、入院期間は約 10~11 日、退院後は段階的管理により被ばく線量を 1 mSv 以下に抑制できることが示された。診療従事者および飼い主の被ばくはいずれも適切な防護により十分低減可能であった。排泄物管理は初期 2 週間 (約 30 日) の減衰保管が現実的である。尿中排泄を前提とした外部被ばく評価においても、保守的条件下で積算線量は公衆被ばく限度を大きく下回り、安全性が確保され、一定条件下で一般廃棄物として処理することは科学的に妥当かつ合理的であると考えられる。さらに、一定濃度以下を規制対象外とすることで、既存の放射線防護体系と整合した実務的管理が可能となり、人医療と動物医療の制度的ギャップの解消に寄与すると考えた。

1. Laboratory of Veterinary Radiology, School of Veterinary Medicine, Kitasato University

Special Lecture

🎵 Wed. Jul 8, 2026 2:25 PM - 3:25 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 5:25 AM - 6:25 AM UTC | 🏢 A(Miraikan Hall)

特別講演「日本の獣医核医学の父が語る核医学への期待」

Chairman: Takehiko Kakizaki (Kitasato University)

2:25 PM - 3:25 PM JST | 5:25 AM - 6:25 AM UTC

[1A11] Expectations for Nuclear Medicine: A Perspective from the Father of Japanese Veterinary Nuclear Medicine

○ Nobuhiko Ito¹ (1. Kitasato University)

日本の獣医核医学の父が語る核医学への期待
The pioneer in Japanese veterinary nuclear medicine comments
about the expectations for nuclear medicine.

北里大学獣医学部*1 名誉教授

○伊藤 伸彦*1

(ITO, Nobuhiko*1)

私の大学入学は戦後 20 年が経った時で、急速に日本経済が発展した時期であったが、当時、家庭動物としてのイヌの多くは屋外で飼育されており、病気になっても動物病院に連れていかれる動物は多くなかった。それから 10 年ほどで日本人の生活は大きく変化し、飼育動物は家の中で家族と一緒に暮らし、体調が悪ければ動物病院に連れていくことは常識となり、まさに飼育動物は家族の一員になった。

経済の発展と並行して医療技術も大きく進歩したが、そのことを知る飼い主は多く、動物病院であっても高度な獣医療技術を望む飼い主は多く、一部の動物病院では CT や MRI 装置を導入するようになり、獣医大学の教育も急速に変化していった。心臓血管外科などの獣医療技術も急速に発展したので、獣医放射線学教育では様々な X 線装置等の安全利用教育を行ったが、数%ではあるものの卒後に国外に出る学生もあり、すでに海外では一般的だった核医学に関する教育も避けて通れないと考えた。また当時、所属研究室の研究テーマとして、アクチバブルトレーサー法を用いた馬の血液量の測定などの研究を実施していたが、核医学の代替手段としては感度が劣り、手間も多くなるため、欧米で普通に実施できる獣医核医学が日本ではなぜ行えないのか不満に思っていた。また、中央競馬会との共同研究を数年間行ったため、四肢の炎症や微小骨折の診断には、欧米だけでなくドバイや香港でもシンチグラフィが実施されているのに日本では行えないことを知った。しかし、当時の一般人の感覚としては、放射性薬剤を動物に投与するというのは実験動物くらいしかイメージがなく、動物は放射性廃棄物として処分されるのが当たり前という感覚であったと思う。法的な整備がなければ獣医核医学は実現できないことは明らかだが、一人ではなににもできないので、まず、元東大獣医外科学の竹内啓先生に相談を持ち掛けたところ、獣医大学の放射線学教育担当の教員方に声をかけてくださり、「獣医放射線学教育研究会」を立ち上げ活動を開始した。並行して日本アイソトープ協会に協力をお願いしたところ、全面的な協力を快諾してくださり、学術組織ライフサイエンス部会に獣医核医学専門委員会が設置され、医学、薬学、放射線防護等の専門家が組織的にかかわってくださり、調査が開始された。数年後には農林水産省が組織的に関与してくださり、最終的には文部科学省の放射線審議会で検討が行われ、2009 年 2 月に放射線障害防止法（当時名称）と獣医療法の省令等が改正され獣医療における核医学が実現した。行動を開始してから約 10 年を要したが、これには、農林水産省、文部科学省、日本アイソトープ協会、日本学術会議、日本獣医学会、日本獣医師会、日本メジフィジックス（株）、そして獣医系大学の先生方など、多くの人たちの熱いご支援がなければなしえなかったと思う。そして、法的な整備のスケジュールが見えていたため、2009 年 3 月に新築された北里大学獣医学部小動物診療センターで高エネルギー X 線治療や PET 検査がスタートした。また、昨年からは中央競馬会で馬のシンチグラフィが始まった。

多くの方々の力で獣医核医学が実現したが、残念なことが一つある。それは核医学治療が認められなかったことである。いかに診断法が優れていても治療が伴わなければ飼い主は満足できない。

獣医核医学が始まって 17 年が経ったが、その間に I-131 のような気化しやすく半減期の長い核種ではなく、At-211 のような短寿命で α 線のみを出すような核種の開発も進んでいる。今後は有用で新しい核種の利用が認められ、若い先生たちが獣医核医学をさらに発展させることを期待している。

*1 Emeritus Professor, Kitasato University, School of Veterinary Medicine.

Panel Discussion

🎵 Wed. Jul 8, 2026 3:35 PM - 5:35 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 6:35 AM - 8:35 AM UTC | 🏢 A(Miraikan Hall)

パネル討論「核燃料再処理施設周辺における環境放射能」

Chairman: Hirofumi Tsukada (Fukushima University, Professor Emeritus)

3:35 PM - 3:40 PM JST | 6:35 AM - 6:40 AM UTC

挨拶

3:40 PM - 4:10 PM JST | 6:40 AM - 7:10 AM UTC

[1A12] Impact of the spent fuel reprocessing plant on radionuclide concentrations in atmospheric, terrestrial, and aquatic environments

○Shinji Ueda¹ (1. Institute for Environmental Sciences)

4:10 PM - 4:40 PM JST | 7:10 AM - 7:40 AM UTC

[1A13] Radioactivity in the Coastal Area of Rokkasho Village

○Hisaki Kofuji¹ (1. Japan Marine Science Foundation)

4:40 PM - 5:10 PM JST | 7:40 AM - 8:10 AM UTC

[1A14] Long-term variations of tritium in offshore seawater and marine organisms around the Rokkasho nuclear fuel cycle facility

○Yuhei Shirotani¹ (1. Marine Ecology Research Institute)

5:10 PM - 5:35 PM JST | 8:10 AM - 8:35 AM UTC

討論

使用済み燃料再処理工場が気・陸・水圏環境の放射性物質濃度に与える影響 Impact of the spent fuel reprocessing plant on radionuclide concentrations in atmospheric, terrestrial, and aquatic environments

(公財) 環境科学技術研究所 環境影響研究部

植田 真司

(UEDA, Shinji)

1. はじめに

青森県六ヶ所村では、国内初の商業用使用済み燃料再処理工場の 2026 年度竣工、その後の操業開始に向け、原子力規制委員会による最終段階の設計及び工事計画認可（設工認）審査が進められている。本工場の操業に伴い、標高約 205 m の主排気筒から大気中に ^3H 、 ^{14}C 、 ^{85}Kr 及び ^{129}I 等が、沖合約 3 km の海洋放出口から海水中に ^3H 及び ^{129}I 等の放射性物質が管理放出される。再処理事業変更許可申請書における評価では、周辺公衆の実効線量は約 0.022 mSv/年と推定されており、ICRP が勧告する公衆被ばく限度（1 mSv/年）と比較して十分に低い。しかし、被ばく線量が十分に低くなることが想定されているものの、住民の不安解消や施設への理解を醸成するためには、操業後の実測データに基づき放出放射性物質の環境動態や被ばく線量を精緻に評価することが重要となる。以上の背景から、環境科学技術研究所では中立的な第三者機関として、放出放射性物質の環境中における移行・蓄積挙動や化学形態を調査し、実測に基づいた現実的な線量評価に関する情報を公表してきた（植田ら, 2024）。

過去、2006 年 3 月から 2008 年 10 月まで、再処理工場ではアクティブ試験の一環として、使用済燃料約 425 t-U（最大処理能力 800 t-U/年）を用いた、せん断・溶解処理が実施され、この間、環境中に ^3H 、 ^{14}C 、 ^{85}Kr 及び ^{129}I 等の放射性物質が放出された。本会では、せん断・溶解処理による気圏、陸圏及び水圏、並びに村内の一般家庭の食事での放射性物質濃度に与える影響について報告する（図 1）。

2. 結 果

せん断・溶解処理の期間、空間 γ 線線量率の上昇や、周辺の降下物・湖沼水といった環境試料の一部で、試験前を上回る ^3H 及び ^{129}I 濃度が検出されたが、多くの環境試料においては有意な変動は確認されず、上昇が確認された試料も試験終了後は速やかにバックグラウンド水準へと低下した。一方で、工場周辺の土壌や湖底堆積物については、 ^{129}I が比較的長期間保持されることが明らかになった。

村内の一般家庭の大人 1 人あたりの食事（調理済み）中の ^3H 、 ^{14}C 及び ^{129}I による預託実効線量は、せん断・溶解処理期間中とその後の期間で差はなく、再処理工場の明確な影響は認められなかった。

本調査の結果、再処理工場のせん断・溶解処理に伴う環境放出の影響は極めて限定的であることが確認された。当研究所は今後も中立的な立場を堅持し、信頼性の高いデータの発信に努めていく。

*本記載事項は、青森県からの受託事業により得られた成果の一部である。

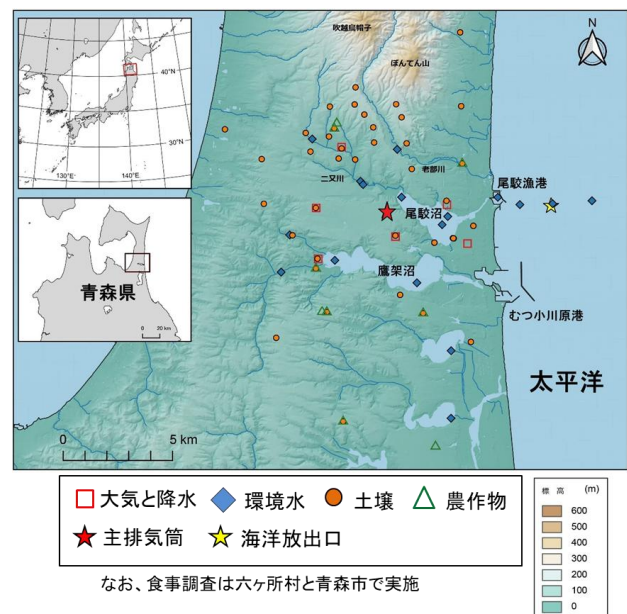


図 1 環境試料の採取地点

Department of Radioecology, Institute for Environmental Sciences

六ヶ所村沿岸海域における放射能 Radioactivity in the Coastal Area of Rokkasho Village

(公財) 日本海洋科学振興財団*1

小藤 久毅*1

(KOFUJI, Hisaki*1)

1. はじめに

青森県六ヶ所村の再処理施設では運転に伴い大気及び海洋に放射性物質が放出される。当財団では青森県からの受託事業として、排出放射性物質の海洋への影響解析のためのシミュレーションシステムを整備しており、その検証のため、周辺海域の流れ等の観測を行うとともに、海洋への主な放出核種である ^3H 及び ^{129}I を排水のトレーサとして分析している。アクティブ試験開始によって放射性物質の放出が始まった 2006 年以後、施設に由来する ^3H 及び ^{129}I の濃度変化が海域において検出されてきた。海洋放出された放射性物質の影響についての理解のため、六ヶ所村周辺海域における ^3H 及び ^{129}I の分析結果について紹介し、流れのデータ等とともに海域での分布や変動の特徴について議論する。

2. 沿岸での ^3H 及び ^{129}I 濃度

六ヶ所村周辺海域の沿岸海水中での ^3H 及び ^{129}I 濃度は、2005 年以前はそれぞれ約 0.2 Bq/L 以下及び約 30 nBq/L 以下であったが、2006～2008 年には両核種共に 2 桁以上の濃度上昇が見られた(図 1)。ただし、この期間においても濃度上昇が見られたのは一部の試料のみであり、大部分は従来と同程度の濃度であった。 ^3H 濃度で施設寄与が見られたのは 2006～2008 年のみだが、 ^{129}I では最近でも影響が検出されている。これは、 ^3H は排水中の濃度がピーク時(2007 年)に比べて 5 桁以上低下しているのに対し、 ^{129}I は 3 桁程度の低下にとどまること、加えて、 ^{129}I は元の海水中の濃度が極めて低い(20～30 nBq/L 程度)ため、僅かな付加でも識別できることによる。海水の ^3H 及び ^{129}I 濃度から排水の希釈状況を見積もると、放出翌日には数十万から約 100 万倍以上に希釈されており、2006～2008 年頃と最近で違いはない。

3. まとめ

海域の ^3H 、 ^{129}I データは、少なくとも観測データが得られている放出翌日には、排水は十分に希釈されていることを示している。海域の流れに伴う放出放射性物質の分布の特徴については、移流拡散シミュレーション結果も用いて報告する予定である。

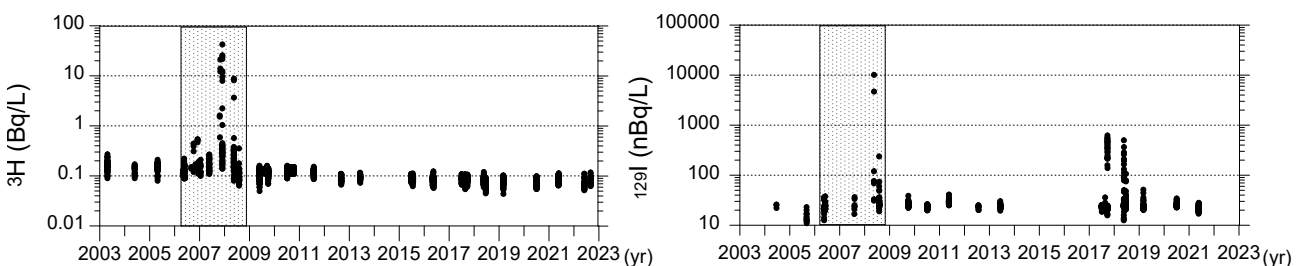


図 1 六ヶ所村周辺の沿岸海水中 ^3H 及び ^{129}I 濃度の変化

※網掛け領域はアクティブ試験における使用済燃料のせん断溶解実施期間を示す。2017, 2018 年の ^{129}I 濃度上昇は、放出口付近での連続的な採水を実施したことで、放出の頻度が減った最近でも影響を捉えやすくなったことによると考えられる。

*1 Japan Marine Science Foundation

原子燃料サイクル施設沖の海水および海産生物中のトリチウム濃度の変遷
Long-term variations of tritium in offshore seawater and marine organisms around
the Rokkasho nuclear fuel cycle facility.

公益財団法人海洋生物環境研究所^{*1}

城谷 勇陸^{*1}

(SHIROTANI, Yuhei^{*1})

1. はじめに

トリチウム (^3H) は再処理施設から環境中へ放出される主要な放射性核種の一つであり、周辺海域における長期的な挙動を把握することは環境影響評価上重要である。青森県六ヶ所村の原子燃料サイクル施設沖では、1991 年から海洋放射能モニタリングが継続されており、海水および海産生物中のトリチウム濃度に関する長期観測データが蓄積されている。また、再処理施設では 2006～2008 年にアクティブ試験が実施され、トリチウムを含む放射性核種が管理放出された。本研究では、1991～2024 年に取得された海水および海産生物中のトリチウム濃度データを解析し、その長期変動の特徴とアクティブ試験による影響を評価した。

2. 材料および方法

海水試料は 1991 年から 2024 年までに毎年 5～6 月と 10～11 月の年 2 回、原子燃料サイクル施設沖の測点で表層 (1 m) と下層 (海底面上 10～60 m) から海水試料を採取した。海産生物試料は 2001 年から 2024 年に青森県～岩手県沖で漁獲されたものを収集した。分析には可食部 (筋肉) を用い、組織自由水型トリチウム (Tissue Free Water Tritium; TFWT) と有機結合型トリチウム (Organically Bound Tritium; OBT) を分離・回収した。海水試料および TFWT 試料は電解濃縮法によりトリチウムを濃縮した。全ての試料は低バックグラウンド液体シンチレーションカウンターを用いてトリチウム濃度を測定した。

3. 結果および考察

表層海水および下層海水中のトリチウム濃度は、1991 年以降長期的な減少傾向を示した。2024 年時点における平均値±標準偏差は、表層海水で 0.081 ± 0.013 Bq/L (最高値 : 0.13 Bq/L)、下層海水で 0.074 ± 0.012 Bq/L (最高値 : 0.10 Bq/L) であり、近年はほぼ一定の濃度で推移している。また、2007～2008 年にはアクティブ試験の影響により、主に施設南側の測点でトリチウム濃度の上昇 (最高値 : 1.3 Bq/L) が確認されたことから、放出されたトリチウムは調査時に卓越していた南向きの海流により輸送されたことが示唆された。

表層海水中トリチウム濃度の長期変動を指数関数で近似した結果、実効半減期は、検出下限値未満のデータを除外した場合で 8.0 ± 0.46 年、検出下限値を代入した場合で 8.4 ± 0.46 年と算出された。これらはトリチウムの物理半減期 (12.3 年) より短く、海洋中における拡散、混合および希釈により濃度低下が促進されていることを示している。

海産生物中の TFWT 濃度についても海水と同様に長期的な減少傾向が認められた。また、2006～2008 年には一部試料で濃度上昇 (最高値 : 11 Bq/L) が確認され、アクティブ試験による影響を反映した可能性が示唆された。OBT は 2001～2012 年に一部試料で低濃度ながら検出されたが、2014 年以降は検出されなかった。発表では、海水および海産生物中トリチウム濃度の長期変動に加え、5～6 月と 10～11 月の海水中トリチウム濃度の差異について、水塊構造との関係から考察する。

【謝辞】本研究は原子力規制庁からの委託事業「海洋環境における放射能調査及び総合評価事業」の成果の一部です。関係者の皆様に感謝いたします。

^{*1} Marine Ecology Research Institute

Invited Lecture

🎵 Wed. Jul 8, 2026 10:20 AM - 10:50 AM JST | Wed. Jul 8, 2026 1:20 AM - 1:50 AM UTC | 🏢 B (Conference Room Saturn)

環境1

Chairman: Daisuke Tsumune (University of Tsukuba)

10:20 AM - 10:50 AM JST | 1:20 AM - 1:50 AM UTC

[1B01] Quantification of Difficult-to-Measure Anthropogenic Radionuclides in the Environment: Challenges and Perspectives

○Aya Sakaguchi¹ (1. Univ. of Tsukuba)

環境中の難測定人工放射性核種の定量：課題と展望

Quantification of Difficult-to-Measure Anthropogenic Radionuclides in the Environment:
Challenges and Perspectives

筑波大学数理物質系/放射線アイソトープ地球システム研究センター

○坂口 綾^{*1}(SAKAGUCHI, Aya^{*1})

人類の核活動により、環境中には多様な人工放射性核種が放出されてきた(図1)。近年、とりわけ半減期が数万年から数千万年に及ぶ長寿命人工放射性核種の動態解明は、放射性廃棄物管理や環境影響評価、さらには放射線防護の観点から重要性を増している。一方で、元素(核種)固有の物理化学的性質を有し、環境への供給過程や供給量が比較的明瞭、あるいは明確化可能な人工放射性核種は、その存在量や化学形態を精緻に理解することで、有効な環境トレーサーとして地球化学・環境科学研究への応用が期待されている。

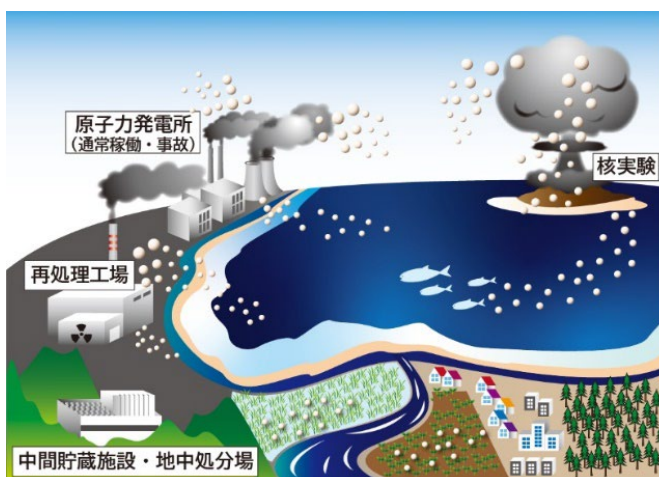


図1 環境中への人工放射性核種放出源

そのため、多くの研究分野において高精度な定量を目指し、誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)や加速器質量分析(AMS)などの高度分析手法を用いた研究が進められている。

しかしながら、これらの人工放射性核種は環境試料中において主要な安定元素と比較して極めて低濃度で存在し、複雑なマトリクスからの分離・精製が困難であることに加え、質量分析における同重体干渉や分子イオン干渉の影響を強く受ける。また、質量分析に不可欠な標準試料や同位体スパイクが整備されていない核種も多く、代替核種を用いた定量などの工夫が求められている。このような背景から、これら人工放射性核種の高感度かつ高精度な定量は依然として大きな課題となっている。

これらの課題を解決すべく、これまで我々の研究グループでは、汎用的な ICP-MS の高感度化、環境試料からの目的元素(核種)の高効率な濃集法および質量分析に供するための化学分離法の確立、SI トレーサブルな標準試料の作製、さらに核反応を利用した同位体スパイクの創製に取り組んできた。

講演では、現在取り組んでいるアクチノイドや核分裂核種の分析法を一例として取り上げ、難測定人工放射性核種の定量における分析化学的課題を整理するとともに、その解決に向けた技術的アプローチと今後の展望について概説する。

^{*1} Institute of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba

Oral Presentation

🎵 Wed. Jul 8, 2026 10:50 AM - 11:50 AM JST | Wed. Jul 8, 2026 1:50 AM - 2:50 AM UTC | 🏢 B (Conference Room Saturn)

環境2

Chairman: Daisuke Tsumune (University of Tsukuba)

10:50 AM - 11:05 AM JST | 1:50 AM - 2:05 AM UTC

[1B02] Development of an Environmental Transfer Parameter Database for the Assessment of Radionuclide Transfer in the Biosphere

○ Keiko Tagami¹, Shigeo Uchida¹ (1. QST)

11:05 AM - 11:20 AM JST | 2:05 AM - 2:20 AM UTC

[1B03] The effect of sea salt on the soil-soil solution distribution coefficient of radioiodine

○ Nobuyoshi Ishii¹, Keiko Tagami¹, Shigeo Uchida¹ (1. QST)

11:20 AM - 11:35 AM JST | 2:20 AM - 2:35 AM UTC

[1B04] Characteristics of geogenic radon potential in radon spring areas

○ Tsuyoshi Nohara¹, Takesue Norito¹, Akihiro Sakoda¹, Chie Sakaguchi², Katsura Kobayashi² (1. JAEA, 2. Okayama Univ. IPM)

11:35 AM - 11:50 AM JST | 2:35 AM - 2:50 AM UTC

[1B05] Carbon Dioxide Absorption and Structure of Perovskite Structures

○ Yusuke Chiba¹, Kiyoshi Nomura¹ (1. TMU/Graduate School of Science)

生活圏における放射性核種移行評価のための環境移行パラメータデータベース開発 Development of an environmental transfer parameter database for the assessment of radionuclide transfer in the biosphere

量研機構 放医研^{*1}

○田上 恵子^{*1}, 内田 滋夫^{*1}

(TAGAMI, K.; UCHIDA, S.)

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分では、長期的には処分場から放射性核種が漏出することを想定しており、最終的に生活圏に到達して人が被ばくするシナリオでの評価が行われる。生活圏における安全評価モデルでは様々な環境移行パラメータが使われるが、そこに入れるパラメータ値については、IAEAのパラメータ集[1, 2]等、国際的なデータが採用されている。しかしながら、国際データは代表的な数値と範囲を示しているだけであること、また我が国の生活圏条件を必ずしも反映したものではないことから、不確実性が大きくなる可能性があり、我が国のパラメータ地を採用することが望ましい。我が国にも多くのパラメータ値はあるが、報告書や論文の形で散見される状況であり、容易に検索することが難しい。そこで我々は生活圏における環境移行パラメータのデータベース開発を行っている。今回は、その開発状況について報告する。

2. 移行パラメータ値の収集について

生活圏の安全評価で用いられる被ばく評価モデルに基づき、データベースに登録するパラメータを決定した。国際的にも用いられるパラメータ設定であり、Fig. 1 にその構成を模式的に示した。

収集については、日本の報告データを中心に、実験データだけではなく、実環境での濃度データが多い放射性 Cs 及び Sr については、それらのデータからパラメータ値を導出した。さらに、環境中の安定核種によるデータベースの拡充も行っている。

3. 結果および考察

データベースからは、①検索したいパラメータ、②核種、さらには③データが取得された地域、等でデータを抽出できるように設計した。抽出結果は、データ数、その算術及び幾何平均値、最小値—最大値を表示できる。得られた結果の幅が広い場合には、試料や実験条件等が影響している可能性があることから、パラメータデータと一緒に種々の情報をデータベースに格納し、ユーザーがダウンロードして確認できるようにした。加えて、オリジナルデータに遡れるように文献情報も載せている。

データベースは専門家に意見を聴取しながら開発しているが、まだ発展途上である。データについても収集を進めており、さらに元素や核種と情報を充実させて、2年後の公開を目指している。

本発表には、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 (JPJ007597) 【地層処分安全評価確証技術開発 (核種移行総合評価技術開発)】」の成果の一部を使用している。

【参考文献】(1) IAEA (2004). Sediment distribution coefficients and concentration factors for biota in the marine environment. IAEA TRS No. 422. (2) IAEA (2010). Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. IAEA TRS No. 472.

^{*1} National Institutes for Quantum Science and Technology (QST), Institute for Radiological Sciences

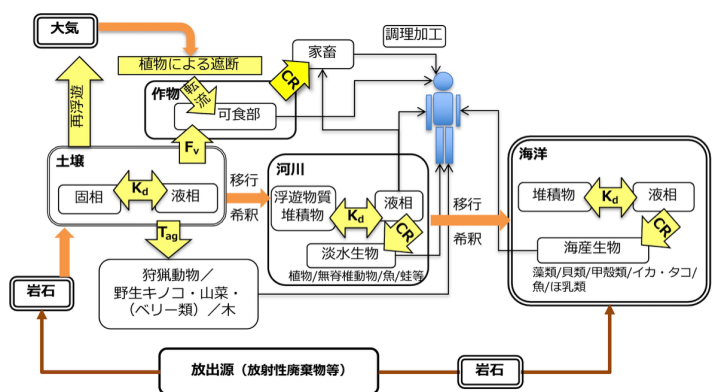


Fig. 1. 生活圏における被ばく経路と移行パラメータの模式図

放射性ヨウ素の土壌 - 土壌溶液分配係数に与える海塩の影響

The effect of sea salt on the soil-soil solution distribution coefficient of radioiodine

量子科学技術研究開発機構 放医研^{*1}○石井 伸昌^{*1}, 田上 恵子^{*1}, 内田 滋夫^{*1}(ISHII, Nobuyoshi^{*1}; TAGAMI, Keiko^{*1}; UCHIDA, Shigeo^{*1})

1. はじめに

放射性核種の土壌・土壌溶液分配係数 (K_d) は、環境中での移行挙動を予測するための重要なパラメータの一つであり、その値は核種特性、土壌物性、ならびに溶液条件に依存して変動する。特に、溶液中の pH や共存イオンは K_d 値に影響を及ぼすことが知られており、近年では微生物活動や海塩などの要因が収着挙動に与える影響についても関心が高まっている。本発表では、高レベル放射性廃棄物地層処分の生活圏評価において重要核種であるヨウ素について、海塩が K_d 値に及ぼす影響について報告する。

2. 方法

本研究では、水田土壌、畑土壌およびその他の土壌から計 9 種類の土壌試料を用いた。混合する溶液には、脱イオン水（人工海水 0%）および人工海水の濃度を 100%としたときの 0.3%、3.0%、30%になるように調整した溶液を用いた。 K_d 値は、固液比 1 : 10 で調整した土壌 - 土壌溶液試料に ^{125}I 標識ヨウ化物イオンを添加し、その放射能測定結果から算出した ($K_d = \text{土壌中濃度 [cpm/kg]} / \text{溶液中濃度 [cpm/L]}$)。振とう期間は 35 日を設定し、終了時に溶液の電気伝導率 (EC) と pH を測定した。さらに、塩分濃度が微生物活動に及ぼす影響を検討するため、一部試料に対して土壌微生物の呼吸活性および炭素資化性の 2 つの指標を用いて評価を行った。

3. 結果および考察

振とう期間終了後の土壌溶液において、人工海水濃度が 30%まで上昇するに伴い pH が低下する傾向が確認された。これは、土壌粒子表面のプロトン化や交換性イオンの溶出によるものと考えられる。また、EC は人工海水 0%と 0.3%において、土壌からのイオン溶出の影響も反映していた。

^{125}I の K_d 値は、海水の割合の増加に伴って増加するものの、30%人工海水になると低下する傾向を示した (図 1)。この結果は、 K_d 値が塩分濃度に依存することを示している。また、塩分濃度の影響の程度は土壌によって大きく異なり、最大で約 6 倍の K_d 変動が確認された。

微生物活性については、その増加に対して K_d 値は低下する傾向を示し、微生物活動が ^{125}I の収着に直接的に寄与している証拠は得られなかった。

以上の結果から、 ^{125}I の土壌に対する収着は、微生物活動よりもむしろ土壌溶液の塩分濃度により支配されていると考えられる。

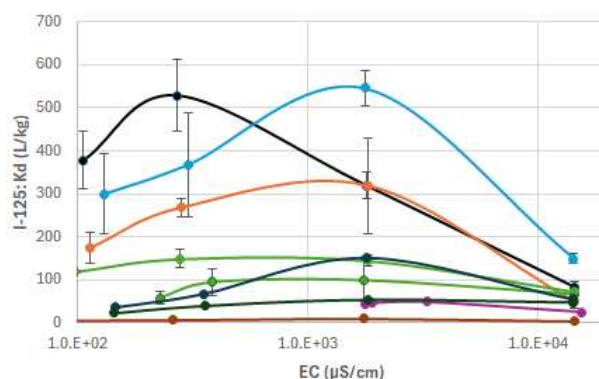


図 1 土壌-土壌溶液分配係数に対する塩の効果

本研究には、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 (JPJ007597) 【地層処分安全評価確証技術開発 (核種移行総合評価技術開発)】」の成果の一部を利用した。

^{*1} National Institute of Radiological Sciences, National Institute for Quantum Science and Technology

ラドン泉地域における地中ラドンポテンシャルの特徴 Characteristics of geogenic radon potential in radon spring areas

原子力機構人形峠環境技術センター^{*1}, 岡山大学惑星物質研究所^{*2}

○野原 壯^{*1}, 竹末 勘人^{*1}, 迫田 晃弘^{*1}, 坂口 千恵^{*2}, 小林 桂^{*2}

(NOHARA, Tsuyoshi^{*1}; TAKESUE, Norito^{*1}; SAKODA, Akihiro^{*1}; SAKAGUCHI, Chie^{*2};

KOBAYASHI Katsura^{*3})

1. はじめに

温泉に含まれるラドンは、日本人にとって身近な自然放射性元素であり、ウランやラジウムの放射性壊変によって、主に岩石や土壌から発生している。一方、ラドンは喫煙に次ぐ肺がんの主な原因であり、2009 年の WHO の勧告を踏まえて、主に欧州で地中のラドンの供給能力（以下、地中ラドンポテンシャル）の調査が行われ、地中ラドンポテンシャルが高い地点（以下、高ラドンポテンシャル地点）が断層帯や火山の近傍に偏在することがわかっている。本発表では、被ばくの影響が相対的に大きい高ラドンポテンシャル地点の偏在と、その要因の解明を目的に、ラドン泉地域の地中ラドンポテンシャルの特徴についての地質調査と現場測定を行った結果を報告する。

2. 方法

本研究では、ラドン泉 2 地域（島根県三瓶、山梨県増富）を対象に、地下水ラドンの影響を考慮して、地質調査とシンチレーションセルを用いた地中ラドン濃度の現場測定を行った。また、地中のラドン供給能力が高い地点のラドン泉と岩石のリチウム及びストロンチウムの同位体を調べた。

3. 結果および考察

ラドン泉 2 地域の共通する特徴は、第四紀火山から 10 km 以内の花崗岩地域で、塩素濃度が高く CO₂ を含有するラドン泉が自然湧出していることである。これらの地域では、ラドン泉の自然湧出地点から 10 m 以内に、地中ラドン濃度が顕著に高い地点が偏在する。ラドン泉のラドン濃度は最大約 30 kBq/l、地中ラドン濃度は最大 7 MBq/m³ である。ラドン泉は、塩素等の溶存成分比やストロンチウム同位体比等がスラブ起源深部流体の特徴を示す。増富地域の地質調査の結果、地中ラドン濃度が顕著に高い地点の地下に、高ラジウム濃度と低 $\delta^{7}\text{Li}$ 値を示す岩石（高透水水平層の黄土色粘土と、北北西走向高角傾斜の開口性割れ目の赤褐色充填物で、鉄酸化物を含む）を確認した。

1 MBq/m³ を超える地中ラドン濃度は、割れ目等に起因する異常値とされるため、このような地中ラドン濃度が顕著に高い地点が偏在する要因は、開口性割れ目の偏在が考えられる。ラドン泉の自然湧出に伴う CO₂ の脱ガスと鉄酸化物の共沈は、ラジウム濃集と低 $\delta^{7}\text{Li}$ 値の主な原因と考えられる。

4. 結論

事例研究対象としたラドン泉 2 地域は、第四紀火山から 10 km 以内の花崗岩の分布域に位置する。ラドン泉は、塩素濃度が高く CO₂ を含有して自然湧出しており、塩素等の溶存成分比やストロンチウム同位体比等がスラブ起源深部流体の特徴を示す。このようなラドン泉地域では、ラドン泉の自然湧出地点から 10 m 以内に、地中ラドン濃度が顕著に高い地点が偏在する。その地下には、高ラジウム濃度と極低 $\delta^{7}\text{Li}$ 値を示す高透水層と割れ目充填物が認められる。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 24K08315 の助成を受けたものである。

^{*1} Ningyo-toge Environmental Engineering Center, Japan Atomic Energy Agency

^{*2} Institute for Planetary Materials, Okayama University

ペロブスカイト酸化物の構造と二酸化炭素吸収
Carbon Dioxide Absorption and Structure of Perovskite Oxide

東京都立大学 理学研究科 同位体化学研究室

○千葉 祐亮^{*1}, 野村 貴美^{*1}, 久富木 志郎^{*1}

(CHIBA, Yusuke^{*1}; NOMURA, Kiyoshi^{*1}; KUBUKI, Shiro)

1. はじめに

近年、地球温暖化に伴い、二酸化炭素換算の排出量の削減が求められている。2013 年度排出量は 14.1 億トン、2022 年度排出実績では 10.85 億トンである。2050 年度には排出量・吸収量が同じになるカーボンニュートラルを達成しなければならない。このように日本の温室効果ガス排出ガス吸収の推移について環境省により示されている。(Carbon dioxide Capture and Storage: CCS Business)[1]。我々は、以前の研究でペロブスカイト型酸化物である(Ba, Ca)(Co, Fe)O_{3-δ} や(Ba,Ca)(Mg,Fe)O_{3-δ}など、高温において高速に二酸化炭素を吸収することを明らかにした[2]。本研究では二酸化炭素の吸収温度を制御できるペロブスカイト酸化物の(Sr, Ca)FeO₃ (SCF)、(Sr, Ca)(Fe, Mg)O₃ (SCFM)を作製し、研究を行っている。

2. 方法

所定量の Sr(NO₃)₂, CaCO₃, Fe(NO₃)₃·6H₂O, MgO を秤量し、クエン酸水溶液、エチレングリコールを混合した溶液に加えて加熱攪拌した後約 80°C で 12 時間乾燥させ、950°C で 4 時間焼成を行い、SCF, SCFM を得た。この 2 試料を二酸化炭素吸収材料として粉末 X 線回折、⁵⁷Fe メスバウアー分光法を用いて構造解析と状態分析を行った。

3. 結果および考察

粉末 X 線回折では SCFM から SrFeO₂, CaO, MgO などの結晶相が観測されたが、焼成温度が高いためにペロブスカイト構造は確認されなかった。一方、SCF からはペロブスカイト構造をとる Sr₄Fe₆O₁₃ と Ca₂Fe₂O₅ などが観測された。また、この 2 つの結晶相のピークは類似していた。また、メスバウアー分光法では SCFM からは 2 つの sextet と 1 つの常磁性を示す doublet が観測された。また、SCF からは 1 つの singlet($\delta = 0.0056 \text{ mm s}^{-1}$)のみが観測された。この信号は常磁性の Fe^{IV} を示しており、酸素欠陥がないことを示している。SCF、SCFM などのペロブスカイト構造の二酸化炭素吸収・特性については、発表当日に示す。

4. 結論

今回作製した試料である SCF からは XRD よりペロブスカイトの構造を持つことが判明したので、二酸化炭素の吸着が期待できる。また、SCFM もペロブスカイトの構造を持つように再度作製方法を検討する必要がある。

参考文献

[1]環境省「2024 年度の我が国の温室効果ガス排出量及び吸収量」

[2]K. Nomura, *et al.*, *Hyperfine Interaction*, **112**, 7-12 (1998)

^{*1}Graduate School of Science, Tokyo Metropolitan University

Invited Lecture

🎵 Wed. Jul 8, 2026 1:15 PM - 1:45 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 4:15 AM - 4:45 AM UTC | 🏢 B (Conference Room Saturn)

東京電力福島第一原子力発電所事故関連1

Chairman: Daisuke Tsumune (University of Tsukuba)

1:15 PM - 1:45 PM JST | 4:15 AM - 4:45 AM UTC

[1B06] Analysis of Difficult-to-Measure Radionuclides by ICP-MS/MS and Solid-Phase Extraction: Application to Environmental Samples

○ Hirofumi Tazoe¹ (1. IREM/Hirosaki Univ.)

新規放射性核種分析法の開発と環境放射能動態研究への展開
Development of Novel Radionuclide Analytical Methods and Application to
Environmental Radioactivity Dynamics

弘前大学被ばく医療総合研究所^{*1}

○田副 博文^{*1}

(TAZOE, Hirofumi^{*1})

2011 年 3 月に発生した福島第一原子力発電所事故以降、環境中における放射性核種の動態把握は、放射線防護および環境科学において極めて重要となっている。こうした要請に応えるため、キレート樹脂固相抽出法やタンデム四重極型 ICP 質量分析装置 (ICP-MS/MS) の活用が大きく進展し、ウラン 236 (U-236)、セシウム 135 (Cs-135)、ヨウ素 129 (I-129) 等、長半減期核種の新規分析法開発が進められてきた。これらの分析技術は、福島県内の環境動態解析に加え、海外連携により中国、バングラデシュ、カメルーン等の土壌試料にも適用されており、各地域におけるバックグラウンドデータの蓄積および国際共同研究ネットワークの拡充に寄与している。

本講演では、これら多岐にわたる分析法開発の中でも、重点的に開発が進められてきた「ストロンチウム 90 (Sr-90)」の分析法構築と環境試料への適用事例を中核として報告する。Sr-90 はセシウム 137 (Cs-137) と同等の高い核分裂収率を持ち、生物学的半減期も長いため骨に蓄積しやすい重要核種である。しかし、ガンマ線を放出しない純ベータ放出核種であることに加え、環境試料や生体中に数万倍以上の高濃度で存在するカルシウムと化学的挙動が類似することから、放射化学的分離が極めて困難な「難分析核種」とされている。この課題を克服するため、DGA (ジグリコールアミド) 固相抽出レジンをを用いた新規 Sr-90 分析法が構築された。DGA レジンは特異的な吸着特性を持ち、多量のカルシウムマトリックス中から Sr-90 および娘核種のイットリウム 90 (Y-90) を高効率に分離回収することが可能である。2016 年に海水を対象とした分析法を報告して以降、共沈法等と組み合わせることで極低濃度レベルの観測に不可欠な大容量海水試料への適用を実現した。さらに、主成分がリン酸カルシウムでありマトリックス除去が極めて困難な海水魚の骨試料に対しても、手法の最適化により適用範囲を拡張することに成功した。

近年では、放射線計測に基づく従来法に代わる迅速分析法として、Sr レジンによる前濃縮と ICP-MS/MS を組み合わせた Sr-90 の直接質量分析法が確立された。ICP-MS/MS の反応セル技術等により、質量分析における最大の課題であったジルコニウム 90 (Zr-90) 等の同重体干渉を効果的に排除し、高感度かつ迅速な定量が可能となった。現在、本手法の国際標準化に向けた取り組みも進められている。

これら一連の高度な分析手法を実際の環境試料へ適用することで、海洋環境における放射性核種の動態解明において重要な知見が得られている。2013 年に実施した海洋調査では、福島沿岸における表層海水中 Sr-90 濃度の広域分布を詳細にマッピングした。環境中における Sr-90/Cs-137 の放射能比などを指標として解析した結果、沿岸域で観測された Sr-90 の主な供給源が、福島第一原子力発電所の原子炉内に滞留していた高濃度滞留水に由来することを科学的に明らかにした。その後、2015 年の遮水壁の完成等により沿岸海水中の Sr-90 濃度は大きく減少し、Sr-90 も含めた浄化システムが確立されたが、溶融核燃料 (燃料デブリ) は依然として原子炉内に存在している。そのため、長期にわたる廃炉作業において、Sr-90 を含めた放射性核種分析技術の継続的な改良と技術継承は極めて重要である。

^{*1} Institute of Radiation Emergency Medicine, Hirosaki University

Young Scientist Award Nominee

🎵 Wed. Jul 8, 2026 1:45 PM - 2:30 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 4:45 AM - 5:30 AM UTC | 🏢 B (Conference Room Saturn)

東京電力福島第一原子力発電所事故関連2

Chairman: Keiko Tagami (QST)

1:45 PM - 2:00 PM JST | 4:45 AM - 5:00 AM UTC

[1B07] Validation of the ocean dispersion simulation of ALPS-treated water

○ Tsumune Tsumune^{1,2}, Tsubono Takaki², Misumi Kazuhiro² (1. University of Tsukuba, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:00 PM - 2:15 PM JST | 5:00 AM - 5:15 AM UTC

[1B08] Estimation of Groundwater-Derived ¹³⁷Cs Flux to the Coastal Waters Surrounding the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Using Radium Isotope Tracers

○ Hiroumi Iino¹, Daisuke Tsumune¹, Hiroaki Kato¹, Yuichi Onda¹, Shigeyoshi Otsuka² (1. University of Tsukuba, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:15 PM - 2:30 PM JST | 5:15 AM - 5:30 AM UTC

[1B09] Application of airborne monitoring data toward external radiation dose assessment for wild Japanese Macaques affected by the Fukushima daiichi nuclear power plant accident

○ Jiaxin Li^{1,2}, Taku Sato³, Masatoshi Suzuki^{2,3,1,4}, Satoru Endo⁵, Koichi Chida^{3,4}, Manabu Fukumoto³, Hiroshi Kurikami², Seiji Hayashi², Yuji Owada², Tatsuo Aono² (1. Env. Radiat. Biomed., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ., 2. RECC, F-REI, 3. IRIDeS, Tohoku Univ., 4. Crs. Radiol. Technol., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ., 5. Grad. Sch. Adv. Sci. Eng., Hiroshima Univ.)

ALPS 処理水の海洋拡散シミュレーションの検証

Validation of ALPS-treated water discharge into the ocean by simulation

筑波大学 放射線・アイソトープ地球システム研究センター^{*1}, 電力中央研究所^{*2}○津旨 大輔^{*1,2}, 坪野 考樹^{*2}, 三角 和弘^{*2}(TSUMUNE, Daisuke^{*1,2}; TSUBONO, Takaki^{*2}; MISUMI, Kazuhiro^{*2})

1. はじめに

福島第一原子力発電所(1FNPS)の廃炉作業の一環として、2023年8月より多核種除去設備(ALPS)で処理された水(以下、ALPS処理水)の海洋放出を開始した。トリチウム(³H)を含む放射性核種は、世界中の原子力施設から海洋へ放出されているが、事故を経験した原子力発電所からの放出は前例がなかった。加えて、炭素14(¹⁴C)やヨウ素129(¹²⁹I)といった長寿命核種の完全除去が困難なことから、国内外で懸念が示された。これに対し、TEPCO HDは「放射線影響評価報告書」によって、さらに、ALPS処理水に残留する³H以外の核種の影響を含めた被ばく線量評価においても、その線量は無視できるほど小さいことが確認された。放出後は海域モニタリングが行われており、濃度上昇は放射線影響評価報告書のとおり小さいことが確認されている。安全性の説明のためには、報告書で用いた海洋モデルによる再現計算を実施し、モニタリングデータによる検証を行うことが重要である。

2. 方法

放射線影響評価報告書では、海洋モデルとしてRegional Ocean Modeling System (ROMS)が用いられた。モデル駆動力として気象庁の短期予測データおよび海洋再解析データ(JCOPE2M)を用い、沿岸流、黒潮、中規模渦の影響を考慮した。モデルの再現性は、福島事故後のセシウム137(¹³⁷Cs)の拡散シミュレーションを通じて検証され、観測濃度の年平均値との整合性が確認された。放出後は実気象を考慮した再現計算を行い、東京電力および関係機関により取得された海水中トリチウム濃度の観測データを用いて、比較検証を行った。

3. 結果および考察

計算結果と観測結果の比較では、年間平均における相関係数は $R=0.552$ であり、濃度変動の再現性は中程度であった。一方、平均 $\log(\text{Model/Obs})$ は -0.035 、対応するModel/Obs比は 0.92 であり、モデルは年間平均濃度レベルを良好に再現していた。放出期間に限定すると、相関係数は $R=0.642$ に向上し、放出に伴う濃度変動をより適切に再現できることが示された。ただし、放出期間の平均 $\log(\text{Model/Obs})$ は 0.137 、Model/Obs比は 1.37 であり、モデルは観測値をやや過大評価する傾向を示した。この差は、放出フラックスの局所的な扱い、モデル解像度、バックグラウンド濃度の不確実性などに起因すると考えられる。発電所近傍の一部地点では過小評価もみられたが、全体としてモデルはALPS処理水放出後のトリチウム濃度スケールを妥当に再現しており、放射線影響評価に適用可能な信頼性を有すると考えられる。

4. 結論

ALPS処理水の放出後のシミュレーション結果は観測結果とおおむね整合しており、報告書において被ばく線量評価結果が無視できるほど小さいとされたことの妥当性を支持している。一方で、現在のモニタリングデータでは観測の時間間隔が長く、放出期間中の濃度変動を十分に捉えられない場合があるため、平均濃度を精度よく求めることが困難である。より詳細な検証のためには、モニタリングの時間頻度を高めることに重点を置く必要がある。これにより、モデル検証の信頼性向上と、より精度の高い線量評価につながると考えられる。

^{*1} Center for Research in Radiation, Isotopes, and Earth System Sciences, University of Tsukuba

^{*2} Central Research Institute of Electric Power Industry

Ra 同位体トレーサーを用いた福島第一原子力発電所周辺海域における 地下水由来 ^{137}Cs の流出フラックスの推定

Estimation of groundwater-derived ^{137}Cs flux in coastal waters surrounding the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station using radium isotope tracers

筑波大学^{*1}, 東京大学大気海洋研究所^{*2}

○飯野 大海^{*1}, 津旨 大輔^{*1}, 加藤 弘亮^{*1}, 恩田 裕一^{*1}, 乙坂 重嘉^{*2}

(○Hiroumi Iino^{*1}; Daisuke Tsumune^{*1}; Hiroaki Kato^{*1}; Yuichi Onda^{*1}; Shigeyoshi Otsuka^{*2})

1. はじめに

福島第一原子力発電所(F1NPS)事故によって放出された放射性物質である ^{137}Cs のうち、約 80%は海洋に流出し、現在でも海洋中 ^{137}Cs 濃度は事故前の水準に回復していない。その原因として F1NPS 敷地外の地下水が主要な漏洩源になっている可能性が指摘されている。また、地下水の有用なトレーサーである地下水に存在する Ra 同位体と ^{137}Cs 濃度分布を用いて F1NPS 事故直後の ^{137}Cs インベントリを求めた例があるが、遠洋で観測されており、F1NPS 近傍で観測した事例はない。これらの背景から本研究では Ra 同位体を用いて地下水由来 ^{137}Cs の流出フラックスの推定を目的に調査を行った。

2. 方法

F1NPS より南に約 1km に位置する福島県双葉郡大熊町に位置する夫沢川近傍の海岸および沖合にて海水、地下水、河川水、水路水、湧水のサンプリングを行った。 ^{137}Cs 濃度はゲルマニウム半導体検出器、Ra 同位体は担持マンガナクリル繊維に通水し、RaDeCC(同時計数式ラドンカウンター)を用いて計測を行った。これらの測定結果をもとに Ra 同位体の濃度比から滞留時間、 ^{137}Cs 濃度から ^{137}Cs インベントリ、 ^{137}Cs インベントリを滞留時間で割ることで地下水由来 ^{137}Cs の流出フラックスの計算を行った。本研究における滞留時間は地下水が海洋に流入してから経過時間のことを指す。

3. 結果および考察

滞留時間の結果は右図に示す。2025 年 11 月 19 日の滞留時間の結果から Ra 同位体の濃度比の異なる流出源がある可能性、20251119_SW5 近傍に海底地下水の湧出点がある可能性が示唆された。また、 ^{137}Cs インベントリは海岸線から 2km、F1NPS を中心として南北に 10km の範囲において $(1.51\sim 2.34) \times 10^9$ (Bq)と計算された。また、これらの計算結果から地下水由来 ^{137}Cs の流出フラックスは $(1.45\sim 3.12) \times 10^8$ (Bq/day)と計算された。Tsumune et al., (2024)において溶存態・懸濁態の ^{137}Cs 流出フラックスは ROMS モデル(領域海洋モデル)の解析において 2.0×10^9 (Bq/day)と推定されており、地下水からの ^{137}Cs 漏洩は全体の 7.25-15.6%を示した。これにより、F1NPS 事故の海洋環境への影響として無視できないことが判明した。

4. 結論

Ra 同位体を用いた解析により、滞留時間が沿岸 2km 程度では 10 日前後であることが分かった。また、地下水からの ^{137}Cs 漏洩は全体の 7.25-15.6%程度であることが分かった。

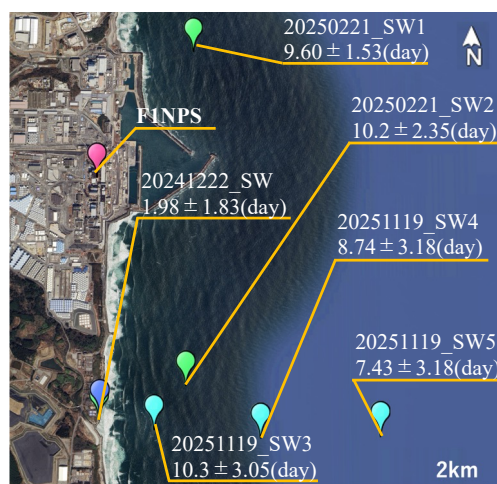


図 1 滞留時間の結果(ラベルは「サンプリング日_SW 数字」で構成されている)

^{*1} University of Tsukuba

^{*2} Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Application of airborne monitoring data toward external radiation dose assessment for wild Japanese Macaques affected by the Fukushima daiichi nuclear power plant accident

○LI, Jiaxin^{*1,2}; SATO, Taku^{*3}; SUZUKI, Masatoshi^{*2,3,1,4}; ENDO, Satoru^{*5}; CHIDA, Koichi^{*3,4};
FUKUMOTO, Manabu^{*3}; KURIKAMI, Hiroshi^{*2}; HAYASHI, Seiji^{*2}; OWADA, Yuji^{*2};
AONO, Tatsuo^{*1,2}

1. はじめに

Although accurate radiation dose assessment is crucial for evaluating the long-term ecological impact of nuclear disasters, assessing the actual external exposure of wildlife remains challenging due to heterogeneous environmental attenuation. Airborne monitoring data (AMD) provide ambient dose-rate measured annually within an 80-km radius of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FNPP) from 2011 to 2025. This study established a basic model for estimating external doses of wild Japanese macaques affected by the FNPP accident using AMD to determine long-term environmental decay.

2. 方法

To evaluate external dose, this study utilized two methods, integration of ambient dose rates using AMD (the AMD method) and electron spin resonance analysis of tooth enamel (the ESR method). Teeth were sampled from Japanese macaques inhabiting a 20-km radius of FNPP, which had been culled for damage control. Capture date and location were also collected. In the AMD method, the exposure scenario assumed that individuals were continuously exposed to radiation emitted from ¹³⁷Cs at their respective capture location, with exposure period determined by their age. The ambient dose rate of each capture location was extracted from the AMD, and the parameters of short- and long-components of environmental half-lives were calculated by fitting the time-dependent decline of the ambient dose rate. In the ESR method, 100 mg of tooth enamel was extracted from each individual to analyze the intensity of carbonate radicals using ESR. The external dose was determined based on the ESR intensity using a dose-response curve.

3. 結果および考察

Japanese macaques sampled between June 2016 and October 2024 were evaluated for external doses using the AMD method. The estimated external dose ranged from 3.6 mGy to 666 mGy (average: 81.3 mGy). Categorizing the capture area into northern and southern regions showed similar trends in both the short- and long-components of the environmental half-life. In Kashima and Haramachi wards (Minamisoma City), the mean±standard deviation for the short- and long-components were 0.7±0.4 years and 7.0±2.8 years, respectively. In contrast, they were 1.2±0.4 years and 24.9±18.7 years for the Odaka ward (Minamisoma City) and Namie Town. While the relative ranking of dose magnitudes was consistent between the AMD and the ESR methods for the eight individuals analyzed, the AMD method was found to overestimate the external dose.

4. 結論

We established a basic model of the AMD method. Because the current model overestimates the external dose of wildlife relative to the ESR method, further development of the AMD method is necessary.

^{*1} Environmental Radiation Biomedicine, Graduate School of Medicine, Tohoku University

^{*2} Regional Environmental Co-creation Unit, Fukushima Institute for Research, Education and Innovation

^{*3} International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

^{*4} Course of Radiological Technology, Graduate School of Medicine, Tohoku University

^{*5} Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

Invited Lecture

🎵 Wed. Jul 8, 2026 3:00 PM - 3:30 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 6:00 AM - 6:30 AM UTC | 🏢 B (Conference Room Saturn)

食品照射1

Chairman: Norikaki Katayama (Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute)

3:00 PM - 3:30 PM JST | 6:00 AM - 6:30 AM UTC

[1B10] An Overview of Food Irradiation: Fundamental Principles and Applications

○ Setsuko TODORIKI¹ (1. NARO/NFRI)

食品照射の基礎と応用の概要

An Overview of Food Irradiation: Fundamental Principles and Applications

農研機構 食品研*
等々力節子
(TODORIKI Setsuko)

1. 食品照射の応用範囲

食品照射は、 γ 線、電子線、X線などの電離放射線を用いて、食品中の微生物制御、害虫防除、発芽抑制を行う技術である。加熱を伴わず品質変化が小さいこと、包装済み食品にも適用可能であること、薬剤残留がないことが特長である。従来は香辛料・乾燥食品の衛生化が主用途であったが、近年は生鮮果実・野菜を対象とした植物検疫照射が国際的に拡大し、病虫害侵入防止と農産物貿易の円滑化を支える手段として重要性が高まっている。

2. 安全性評価と国際基準

照射食品の安全性については、WHO、FAO、IAEA の国際的枠組みの下で科学的評価が蓄積され、「適正な条件で照射された食品の健全性に問題がないこと」が確認されている。これを受け、国際的な食品規格を決定する Codex 委員会では「照射食品一般規格」および運用指針となる「実施規範」が策定され、線源、線量管理、施設の衛生管理、表示の基本原則が国際基準として整理されている。植物検疫用途については、国際植物検疫条約が定める植物検疫措置に関する国際基準（ISPM）において照射処理の原則および対象害虫別の最低処理線量が規定され、国際貿易の共通ルールとして運用されている。

3. わが国の現状と検知技術

日本では食品衛生法の下、食品照射は原則禁止とされ、例外として馬鈴薯の発芽抑制目的の照射のみが認められてきた。1974 年から事業として実施されてきた照射馬鈴薯の流通は、経済上の理由から 2022 年に終了し、その後、施設は閉鎖され、現在、国内で照射食品の流通は行われていない。このため、日本における行政対応は、規格基準順守の立場からの監視に重点が置かれ、輸入食品を対象として「放射線照射の有無」を確認するための検査が、EU で開発された「検知法」を基に作成された 3 つの試験法を利用して行われている。なお、食品照射における線量保証は、実施工程での線量測定に基づいており、照射検知法は、いずれも照射履歴の有無を判別する定性分析法である。また、検知法を開発・導入した EU では、表示の担保に検査法が必要との理解により、違反が起きても健康影響懸念はなく、表示違反のコンプライアンス問題として扱われている。

4. 今後の技術展望

今後の食品照射技術の展望として、第一に植物検疫照射における線量基準の拡充が挙げられる。国際的には、多様な害虫に共通に適用可能な線量であるジェネリック線量設定の検討が進められており、検疫手続きの効率化や品目拡大につながることを期待されている。

第二に、装置面での進展として、電子線や X 線などの機械線源の利用拡大や、これらの低エネルギー化による装置のインライン・インハウス化がある。これにより、食品工場内での工程統合や迅速な処理が可能となり、従来の大規模照射施設とは異なる運用形態が現実味を帯びつつある。容器滅菌分野で一般化している低エネルギー放射線利用技術を背景に、食品分野への応用拡大が今後の課題である。

参考 1) 食品照射の最前線～研究者が解説する Q&A～ <https://www.jrias.or.jp/report/cat1/307.html>

参考 2) 食品照射実践マニュアル ～食品衛生や植物検疫などへの 適正な利用のために～
<https://www.jrias.or.jp/report/cat1/315.html>

* Institute of Food Research, National Agriculture and Food Research Organization

Oral Presentation

🎵 Wed. Jul 8, 2026 3:30 PM - 4:55 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 6:30 AM - 7:55 AM UTC | 🏢 B (Conference Room Saturn)

食品照射2

Chairman: Masakazu Furuta (Osaka Metropolitan University), Setdsuko Todoriki (National Agriculture and Food Research Organization)

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

[1B11] International Trends of Food Irradiation

○Noriaki Kataoka¹ (1. TIRI)

3:45 PM - 3:50 PM JST | 6:45 AM - 6:50 AM UTC

break

3:50 PM - 4:05 PM JST | 6:50 AM - 7:05 AM UTC

[1B12] Food irradiation by low energy X-rays

○Tamikazu Kume¹, Thi Thuy Linh Nguyen¹, Noriaki Kataoka² (1. Dalat Univ., 2. TIRI)

4:05 PM - 4:20 PM JST | 7:05 AM - 7:20 AM UTC

[1B13] Application of low-energy X rays to decontamination of microorganisms

○Masakazu Furuta¹, Yaemi Kanno¹, Tomomi Kakuno¹, Thi Thuy Linh Nguyen², Tamikazu Kume², Yuko Kumeda³, Ryoko Asada¹, Masakazu Matsushita⁴, Hirokazu Ando⁵, Akiyoshi Masafumi¹, Masayuki Sekiguchi⁶, Mami Tanaka⁶, Noriaki Kataoka⁶ (1. Osaka Metropolitan University, 2. Dalat University, Vietnam, 3. NPO Center for Fungal Consultation, 4. Kobe University, 5. Osaka Metropolitan College of Technology, 6. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute)

4:20 PM - 4:35 PM JST | 7:20 AM - 7:35 AM UTC

[1B14] Study on Eggshell Sterilization Using Low-Energy Electron Beams

○Kaiji Uchida¹, Noriaki Kataoka¹ (1. Toyko Metropolitan Industrial Technology Research Institute)

4:35 PM - 4:50 PM JST | 7:35 AM - 7:50 AM UTC

[1B15] Comparative verification of irradiated foods detection method using 5,6-dihydrothymidine as irradiation indicator with the official methods

○Naoki Fukui¹, Kaiji Uchida², Seiko Nakagawa², Noriaki Kataoka², Takuya Fujiwara¹, Satoshi Takatori¹, Masakazu Furuta³ (1. Osaka Institute of Public Health, 2. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, 3. Osaka Metropolitan University)

4:50 PM - 4:55 PM JST | 7:50 AM - 7:55 AM UTC

その他

食品照射の国際動向 International Trends in Food Irradiation

東京都立産業技術研究センター※

○片岡 憲昭 (KATAOKA, Noriaki)

1. はじめに

国際原子力機関（IAEA）は食料安全保障のための原子力の活用として Atoms4Food プロジェクトを立上げ、品種改良や害虫対策、食品安全の強化に取り組んでいる。ここでは、2025 年における食品照射の現状を 4th-IAEA-CRP と食品照射の国際学会である IFIS の発表を整理して情報を提供する。

2. 国際的な傾向

全体：植物検疫処理を目的とした利用が進み、メキシコからアメリカへの果物の輸出量が 2008 年に 266 トンから 2023 年で 42,759 トンに増加した。オーストラリアでも処理量が 30,000 トンに上昇した。これは、米国・オーストラリア・ニュージーランド・チリなどの市場で農産物に対して検疫による放射線処理を義務付けられていることに加え、7.5MeV の

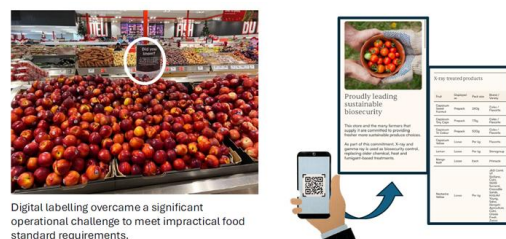


Fig. 1 Working within regulatory barriers

変換 X 線の使用により処理コストが改善されたことが要因と考えられる。また、Fig. 1 に示すようにオーストラリアでは、商品に照射のラベリングまたは QR コードを読み込ませ、消費者理解に取り組んだ。

アジア・オセアニア：中国では主に国内消費で、処理量が 2015 年に 60,000 トン、2024 年には 150,000 トンに増加した。インドでもアメリカへ、マンゴーとザクロの輸出で 3,000 トンに上昇し、インド国内でもガンマ線の照射施設が 2025 年に 38 機となり、利用が進んでいる。ベトナム・インドネシアにおいても植物検疫処理を目的とした使用が増大している。

南米：ペルーがアメリカ向けに検疫処理として 1,400 トン輸出している。ペルーとアルゼンチンの植物検疫機関である SENASA は 2023 年に ISPM28 を採用し、今後の輸出入が拡大される。ブラジルは植物検疫用（生鮮果物、家禽、牛肉、香辛料）が 50%を占め、次いで、国内において香辛料、調味料、乾燥食材に照射されている。市場規模では 45–65 万米ドルである。

欧州：ヨーロッパでは 2010 年に 9,000 トンであったが、2021 年には 2,000 トンまで減少した。大部分を占めていたベルギー・オランダ、フランスで顕著に処理量が減少した。

アフリカ：南アフリカがアメリカに照射済み食品を 863 トンの輸出をしている。他、ガーナやチュニジアなどで盛んに研究が進められており、今後の発展が期待される。

その他：食品照射は、宇宙食や病院食にも使用されているが規模としては小さい。中国では飼料用に食品照射が使用され、中国国内での市場規模は 2020 年に 150 万米ドル、2025 年に 250 万米ドルとなった。今後も、世界的には飼料用として増加傾向である。照射施設についても、発展途上国ではガンマ線照射施設が、先進国では変換 X 線の施設が次々と建設されている。研究では、シミュレーションによる照射方法に関するプロジェクトが IAEA で立ち上がる予定である。

3. まとめ

国際的な輸出入において植物検疫処理の照射が拡大された。発展途上国では、食品の安全性を目的に照射が拡大されつつあり、照射施設や規制の整備が各国で進められている。また、オーストラリアでは食品に照射済みという、適正な表示を消費者に示し、理解を深める取り組みを行っていた。

*Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute

低エネルギーX線による食品照射 Food irradiation by low energy X-rays

ダラット大学^{*1}, 東京都立産業技術研究センター^{*2}

○久米 民和^{*1}, Nguyen Thi Thuy Linh^{*1}, 片岡 憲昭^{*2}

(KUME, Tamikazu^{*1}; Nguyen Thi Thuy LINH^{*1}; KATAOKA, Noriaki^{*2})

1. はじめに

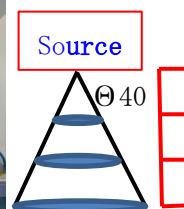
Co-60 の γ 線を用いた食品照射は世界の多くの国で普及しているが、近年 RI の安全性などの観点から電氣的に ON/OFF で制御可能な電子線・X線への変換が進められている。高エネルギー電子線および変換 X線は既に広く用いられているが、厚い遮蔽が必要であり高価である。低エネルギーの電子線(LEEB)や X線(LEEX)は遮蔽も容易で比較的安価であり、小規模の照射装置として注目されている。LEEB は既に一部実用化が進められているが、透過力が弱いといった難点もある。一方、LEEX は出力が弱く、実用照射には不向きとされてきた。ここでは、食品照射への LEEX 照射の有効性について検討した。

2. 方法

X線照射は、主として Hitachi MBR-1618R-BE (160kV) および COMET MG-165 (150kV) を用いた。比較のため γ 線は Cs-137 (244.2TBq, 661.7keV)、電子線は Iwasaki E250/15/180L (250kV)を用いて照射した。深部線量は、Gafchlonic HD-V2 を用いて測定・評価した。

3. 結果および考察

発芽防止(～0.15kGy)では、タマネギは深さ 8mm、20Gy の片面照射で効果的に発芽防止が可能であった。一方、ジャガイモは発芽点が 2～10 か所あるため、深さ 5.4mm、60Gy の両面照射が必要であった。本実験に用いた自己遮蔽型 160kV の



Distance mm	Dose rate Gy/min	Area Φmm
150	78.6	109
250	28.3	182
350	14.4	255

LEEX 装置では、照射線量率は線源に近いほど高いが、広い照射野を得るためには線源からの距離を離す必要がある。線源からの距離 350 mm、線量率 14.4Gy/min の照射で、タマネギでは 46.7kg/hr、ジャガイモでは 9.9kg/hr の処理量が得られ、小規模の実用照射が可能であると考えられた。

果物の殺虫(～1kGy)は、ドラゴンフルーツ(直径 90mm)およびロンガン(直径 25mm)を用いて深部線量のシミュレーションを行った。Follet らは In-line 照射装置の設計を行っており、160kV のチェリー用 X線照射装置で実用規模での照射の可能性を報告している。

スパイスなどの殺菌(～30kGy)については、 γ 線、電子線、X線を用いて黒コショウの殺菌効果を検討した。コショウを単層に並べて照射した場合、150kV の LEEX 片面処理で殺菌処理が可能であった。 γ 線は透過力が強く効率的に照射できるが、250kV の LEEB の場合は透過が不十分で回転照射装置などが必要である。LEEX を用いた本実験では、線量率の高い線源の近くで照射したが、照射野が狭く実用には向かない。実用照射のためには、エネルギーを 600kV 程度まで高くして透過線量を高める、電流値を上げて照射線量率を高くして照射野を広げるなど、照射装置の新規開発が必要である。

^{*1} Dalat University, Vietnam

^{*2} Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute

低エネルギーX線の殺滅菌への応用

Application of low-energy X rays to decontamination of microorganisms

大阪公立大学^{*1}, Dalat University^{*2}, NPO 法人カビ相談センター^{*3}, 神戸大学^{*4},大阪公立大学工業高等専門学校^{*5}, 東京都立産業技術研究センター^{*6}○古田雅一^{*1}, 神野八恵美^{*1}, 角野友美^{*1}, Nguyen Thi Thuy Linh^{*2}, 久米民和^{*2}, 久米田裕子^{*3},朝田良子^{*1}, 松下正和^{*4}, 安藤太一^{*5}, 秋吉優史^{*1}, 関口正之^{*6}, 田中真美^{*6}, 片岡憲昭^{*6}(FURUTA, Masakazu^{*1}; KANNO, Yaemi^{*1}; KAKUNO, Tomomi^{*1}; NGUYEN, Thi Thuy Linh^{*2};KUME, Tamikazu^{*2}; KUMEDA, Yuko^{*3}; ASADA, Ryoko^{*1}; MATSUSHITA, Masakazu^{*4};ANDO, Hirokazu^{*5}; AKIYOSHI, Masafumi^{*1}; SEKIGUCHI, Masayuki^{*2}; TANAKA, Mami^{*6};KATAOKA, Noriaki^{*6})1. はじめに

洪水などの災害により被災した古文書では、カビ汚染が文化財の劣化を引き起こすだけでなく、修復作業従事者に対する中毒やアレルギー疾患などの健康リスク要因ともなる。被災文化財の救出および保存修復における殺菌に従来用いられてきた酸化エチレンガスの販売停止により、酸化エチレン燻蒸の代替技術として、放射線殺菌・滅菌処理の実用化が期待されている。演者らはこのような被災試料の放射線殺菌・滅菌に既存の滅菌受託用照射施設活用が可能であることを示してきた¹⁾。一方、被災地近辺に実用的な照射施設が存在しない場合には、法的規制の比較的少ない可搬型の 1 MeV 未満低エネルギー X 線照射装置の利用が期待される。そこで本研究では、抗菌試験の指標菌である *Aspergillus niger* を用い、Cs-137 ガンマ線と低エネルギー X 線の照射効果を比較した²⁾。

2. 方法

東京都立産業技術研究センターの低エネルギー X 線照射装置 (MG-165, Comet Group) と Cs-137 ガンマ線照射装置 (PS-3200T, Pony Industry Co., Ltd) を用いた。*Aspergillus niger* 培養液から孢子懸濁液を調製し、厚さ 0.75 mm のポリエチレン (PE) ディスク上に添加・乾燥させた (約 2.0×10^7 spores/disc)。X 線エネルギー、フィルターの有無など照射条件を変更して照射を行った。照射後、コロニー計数法により殺菌効果を評価した。

3. 結果および考察

フィルター未使用条件において、50～150 kV の X 線照射では、フィルターの有無、Cs-137 ガンマ線照射を含め、殺菌効果に有意差は見られず、すべての条件で 15 kGy の照射で 10^{-5} レベルまで菌数が低下した。また、ポリエチレンシートの 8 mm 深度までは表面線量の 50% 以上が維持されていた。

4. 結論

被災文化財の救出および保存修復プロセスにおいて、低エネルギー X 線照射装置は、既存の照射施設の利用が困難な地域における有効な代替手段となることが期待される。

(参考)1) N.T.T. Linh, Y. Kumeda, et al. (2021), *Biocontrol Sci.*, **26**, No.1, 55-59.2) N. Kataoka, N.T.T. Linh, et al. (2024) *Radiat. Phys. Chem.* **218** 111586(謝辞) 本研究は JSPS 科研費 JP24K00157、JP21KK0011 (代表: 古田雅一) の助成を受けて実施した。^{*1} Osaka Metropolitan University ^{*2} Dalat University, Vietnam^{*3} NPO Center for Fungal Consultation ^{*4} Kobe University^{*5} Osaka Metropolitan College of Technology^{*6} Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute,

低エネルギー電子線を用いた卵殻殺菌に関する検討

(地独) 東京都立産業技術研究センター^{*1}○内田 海路^{*1}, 片岡 憲照^{*1},(UCHIDA, Kaiji^{*1}; KATAOKA, Noriaki^{*1})

1. はじめに

サルモネラ菌による食中毒は 1986 年から 10 年のうち 125 件が鶏卵製品に原因がある。そのため、包装の前に生卵の薬剤処理が行われているが薬剤残留や廃液の環境への負荷が避けられない。その代替法として、非加熱・乾式処理に対応した紫外線や放射線を用いた方法が研究されてきた。現在、卵殻表面の殺菌は紫外線では実用化されているが、放射線処理は馬鈴薯の芽止めに限り、認められている。但し、食品中の異物検査など製造又は加工工程の管理に放射線照射を行う場合は 0.1Gy 以下という条件で認められている。そこで、本研究では低エネルギー電子線で卵殻を殺菌できる線量(最大 3kGy)を照射した場合に、可食部内部に到達する制動X線の線量をモンテカルロシミュレーションで算出した。さらに、可食部内部の吸収線量が許可線量 0.1Gy 以下となる条件を検討した。

2. 方法

卵殻および可食部からなるモデルに電子線を入射させた時の各線量を、粒子・重イオン輸送計算コード PHITS(Ver.3.00)を用いてシミュレーションで評価した。各加速電圧(80kV, 100kV, 150kV, 200kV, 250kV)で照射した電子線の卵殻における線量の深度分布を算出し、可食部内部の吸収線量を求めた。また、線源と卵の距離を変化させ、電子線が卵殻に入射した時の電子線のエネルギー分布と可食部内部に入射した制動X線のエネルギー分布をそれぞれ求めた。

3. 結果および考察

図 1 に卵殻における線量の深度分布を示す。高 LET の電子線の場合は 0.2mm まで到達し、0.2mm 以降は、線量が一定に推移しているため制動 X による寄与であることが示された。また、卵殻に各加速電圧の電子線を 3kGy 照射した時の卵殻内側の吸収線量を算出した (図 2)。その結果、加速電圧が高くなるに従い、線量が増加することが示された。さらに、線源と卵の距離を近づけた場合、表面線量は著しく増大するが、内部の線量は大きく変化しないことが明らかとなった。

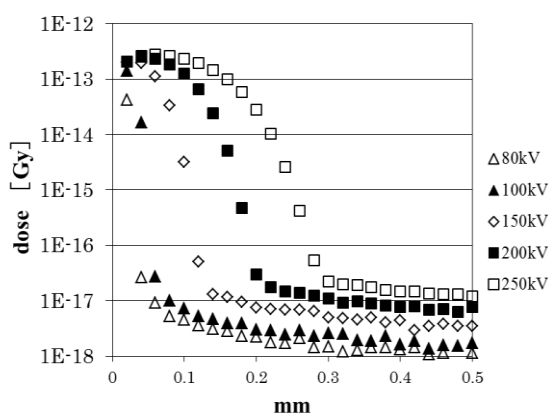


図 1. 電子線の深度分布

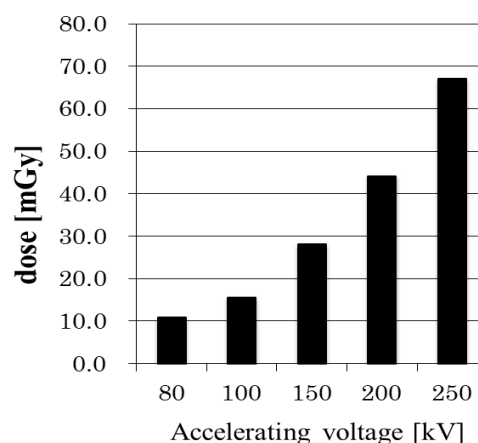


図 2. 表面 3kGy 照射した時の卵殻内側の吸収線量

^{*1}TokyoMetropolitan Industrial Technology Research Institute

5,6-ジヒドロチミジンを指標とした照射食品検知法の公定法との比較検証

Comparative verification of irradiated foods detection method using 5,6-dihydrothymidine as irradiation indicator with the official methods

(地独) 大阪健康安全基盤研究所^{*1}, (地独) 東京都立産業技術研究センター^{*2}, 公立大学法人大阪公立大学^{*3}
○福井 直樹^{*1}, 内田 海路^{*2}, 中川 清子^{*2}, 片岡 憲照^{*2}, 藤原 拓也^{*1}, 高取 聡^{*1}, 古田 雅一^{*3},
(FUKUI, Naoki^{*1}; UCHIDA, Kaiji^{*2}; NAKAGAWA, Seiko^{*2}; KATAOKA, Noriaki^{*2};
FUJIWARA, Takuya^{*1}; TAKATORI, Satoshi^{*1}; FURUTA, Masakazu^{*3})

1. はじめに

食品への放射線照射(照射)は世界的に広く利用されているが、国内では馬鈴薯の芽止め以外の照射は原則禁止されている。現在、厚生労働省から3種類の検知法、すなわち、熱ルミネッセンス(TL)法、アルキルシクロブタノン(ACB)法および電子スピン共鳴(ESR)法が公定法として通知されており、検疫所等で輸入食品検査に活用されている。各検知法は、適用可能な食品の範囲が限局的である。そこで、我々は、多様な食品に適用可能であり、多数の検査機関に普及しているタンデム型質量分析計付き高速液体クロマトグラフを活用した、汎用性の高い独自の検知法としてジヒドロチミジン(DHdThd)法の開発に取り組んでいる。DHdThd法では、照射により食品に広く含まれるDNA中に生じたDHdThd残基のチミジン(dThd)残基に対する比率(DT ratio)を検知指標とする。これまでに照射した牛ミンチを対象に、DHdThd法とACB法を比較した結果を報告した^{#1}。

このたび、照射した粉末状赤唐辛子(唐辛子)を対象に、DHdThd法、TL法及びESR法を比較した。また、照射試料の海上輸送中に想定される温度上昇を考慮し、照射試料を加温保管して検知への影響を検証した。

2. 方法

唐辛子を約12℃でγ線照射した(1, 3, 5および9.5 kGy)。試料を保管(約25℃)し、照射直後(1ヶ月後)、半年後および1年後に、各方法で検知を試みた。また、照射(8 kGy)後、乾燥機内で加温保管(40, 50, 60および70℃; 1日~4週間)のうえ各方法で検知を試みた。

3. 結果および考察

(1) DHdThd 法 照射直後の試料では、線量依存的にDT ratioが上昇した。非照射試料から微量のDHdThdが検出されたが、DT ratioは5 kGy(香辛料の殺菌に必要な最低線量付近)を照射した試料と比較して1/10未満であった。これは製造過程の乾熱乾燥に由来するものと推察された^{#2}。照射から1年後も線量依存性が堅牢に維持されており、各線量でのDT ratioに明確な変化は認められなかった。また、試料を加温保管(60℃; 2週間)した場合では、DT ratioが約14%低下したが検知に支障はなかった。

(2) TL 法 照射直後の試料では、検知指標のTL比は0.1以上であり検知できた。TL比について、ばらつきが認められるが線量依存性も認められた。照射から半年以降では、TL比は低下したが0.1以上が維持されており検知できた。照射試料を加温保管した場合でも、TL比は0.1以上が維持されており検知できた。

(3) ESR 法 照射直後の試料では、検知指標のSignal/Mn(5)が線量依存的に上昇したが、5 kGy以上で飽和傾向であった。照射半年後では、Signal/Mn(5)が低下し1年後では非照射試料との区別が困難であった。加温保管した試料では、Signal/Mn(5)は非照射試料と同等程度まで低下し検知困難となるケースがあった。

4. 結論

DHdThd法は、TL法およびESR法と同様に唐辛子の照射履歴の検知に有用であることが明らかとなった。非照射試料から検出される微量のDHdThd量を確認しておくことにより、同法は、香辛料の照射履歴の検知においてTL法及びESR法の両公定法を補完できる新たな検知法として活用が期待される。

【謝辞】本研究の一部は、(公財)山崎香辛料振興財団 2024 年度研究助成、JSPS 科研費 JP22K10502 および JP25K09012 の助成を受けて実施した。

#1: Fukui N., et al., *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **65**(42), 9342-9352 (2017)

#2: Fukui N., et al., *Radiation Physics and Chemistry*, **191**, 109849 (2022)

^{*1} Osaka Institute of Public Health, ^{*2} Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute,

^{*3} Osaka Metropolitan University

Invited Lecture

📅 Wed. Jul 8, 2026 10:45 AM - 11:00 AM JST | Wed. Jul 8, 2026 1:45 AM - 2:00 AM UTC | 🏢 C (Conference Room Uranus)

放射線生物学1

Chairman: Ryoichi Hirayama (QST hospital)

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[1C01] Genomic studies of radiation induced tumors for advanced assessment of radiation associated cancer risk

○ Kazuhiro Daino¹, Hiroataka Tachibana², Kenta Amano^{1,3}, Chizuru Tsuruoka¹, Atsuko Ishikawa¹, Shizuko Kakinuma⁴ (1. QST • NIRS, 2. CRIEPI, 3. Chiba Univ., 4. IES)

放射線による発がんリスク評価の高度化に向けた放射線誘発腫瘍のゲノム研究
Genomic studies of radiation induced tumors for advanced assessment
of radiation associated cancer risk

量子科学技術研究開発機構^{*1}, 広島大学原爆放射線医科学研究所^{*2}, 環境科学技術研究所^{*3}

○臺野和広^{*1}, 橘拓孝^{*2}, 天野健太^{*1}, 鶴岡千鶴^{*1}, 石川敦子^{*1}, 柿沼志津子^{*1,3}

(DAINO, Kazuhiro^{*1}; TACHIBANA, Hirotaka^{*2}; AMANO, Kenta^{*1}; TSURUOKA, Chizuru^{*1};

ISHIKAWA, Atsuko^{*1}; KAKINUMA, Shizuko^{*1,3})

1. はじめに

原爆被爆者や医療放射線に被ばくした集団の疫学調査から、被ばく線量の増加に伴い、がんリスクが上昇することが示されている。一方、低線量の放射線被ばく（100 mSv 以下）における発がんリスクは、食事や喫煙などの生活習慣要因によるリスクと比べて極めて小さく、また自然発症がんと被ばくに起因するがんを区別できないことから、疫学的手法によって正確に推定することは困難である。本研究では、放射線によるがんリスク評価に有用な分子指標、すなわち被ばく起因がんの特徴的な分子異常を明らかにするため、動物モデルを用いて放射線誘発腫瘍に観察されるゲノム異常の研究に取り組んでいる。

2. 方法

マウスおよびラットの動物モデルを用いた放射線発がん実験で収集した腫瘍を対象に、マイクロアレイおよび次世代シーケンサー等を用いたゲノム解析を実施し、一塩基置換、挿入・欠失変異、DNA コピー数の増加や減少、ならびに染色体転座・逆位・欠失などのゲノム構造異常を検出した。

3. 結果および考察

ゲノム解析の結果、いくつかの動物モデルにおいて、放射線照射群に生じた腫瘍では特定のがん抑制遺伝子を含む染色体中間部の欠失が認められることが明らかとなった。例えば、マウス B 細胞リンパ腫では、*Pax5* 遺伝子を含む 4 番染色体中間部領域の欠失と、*Jak3* 遺伝子のミスセンス変異が、ガンマ線照射後に早期発症した腫瘍に特徴的なゲノム異常であることが示された。一方、照射後に後期発症した B 細胞リンパ腫では、*Cyld* 遺伝子を含む 8 番染色体中間部の欠失が認められた。これらのがん抑制遺伝子を含む染色体中間部領域の欠失は、放射線によって誘発された DNA 二重鎖切断が誤って修復（誤結合）されることで生じ、がんドライバー変異として機能していると考えられる。また、これらの腫瘍に認められるゲノム異常は、ヒト B 細胞性腫瘍の特定サブタイプに見られる特徴と類似することも明らかとなった。

4. 結論

本研究では、いくつかの動物モデルに生じた放射線誘発腫瘍において、特定のがん抑制遺伝子を含む染色体中間部領域の欠失が共通して認められることを見出し、その一般性を明らかにした。加えて、ヒトがんとの類似性を示した。これらの成果は、動物データのヒトへの外挿の信頼性向上および、より精緻な放射線リスク評価法の開発に資する科学的知見を提供するものである。

^{*1} National Institutes for Quantum Science and Technology (QST)

^{*2} Research Institute for Radiation Biology and Medicine, Hiroshima University

^{*3} Institute for Environmental Sciences

Young Scientist Award Nominee

📅 Wed. Jul 8, 2026 11:00 AM - 12:00 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 2:00 AM - 3:00 AM UTC | 🏢 C(Conference Room Uranus)

放射線生物学2

Chairman: Ryoichi Hirayama(QST hospital)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[1C02] Study on the enhancement of antioxidant functions in the heart, lungs, stomach, small intestine, and large intestine of mice with combined radon inhalation and thermal treatment

○Shogo Miyanaga¹, Takahiro Kataoka², Ayumi Tanaka¹, Reiju Takenaka¹, Shota Naoe³, Mitsuki Nagano¹, Shuna Goto¹, Kotaro tano¹, Norie Kanzaki³, Akihiro Sakoda³, Kiyonori yamaoka² (1. Graduate School of Health Sciences, Okayama Univ., 2. Health Sciences, Okayama Univ., 3. Ningyo-toge Environmental Engineering Center, JAEA)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[1C03] Development of a radon exposure device for cell experiments

○Ayumi Tanaka¹, Takahiro Kataoka², Reiju Takenaka¹, Shogo Miyanaga¹, Shota Naoe³, Mitsuki Nagano¹, Shuna Goto¹, Kotaro Tano¹, Norie Kanzaki³, Akihiro Sakoda³, Hiroaki Terato⁴, Kiyonori Yamaoka² (1. Graduate school of health sciences, Okayama Univ., 2. Health sciences, Okayama Univ., 3. Ningyo-toge Environmental Engineering Center, JAEA, 4. Advanced Science Research Center, Okayama Univ.)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[1C04] Assessment of Sensitivity to Radiation-Induced Reproductive Effects in Female *Brca1*-Mutant Rats

○Chisaki Asaka^{1,2}, Yukiko Yano², Kento Nagata^{2,3}, Masaru Takabatake^{1,2}, Kazumasa Inoue¹, Tatsuhiko Imaoka^{2,3} (1. Graduate School of Human Health Sciences, TMU, 2. QST Institute for Radiological Science, 3. QST Institute for Quantum Life Science)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[1C05] Comparative Analysis of Global DNA Methylation Profiles in Radiation-Induced and Spontaneous Rat Mammary Carcinomas

○Misaki Mashiba¹, Tatsuhiko Imaoka², Masaru Takabatake^{1,2} (1. Tokyo Metropolitan Univ., 2. QST)

ラドン吸入と温熱処理の併用によるマウス心臓・肺・
胃・小腸・大腸中の抗酸化機能の亢進に関する検討
Study on the enhancement of antioxidant functions in the
heart, lungs, stomach, small intestine, and large intestine of
mice with combined radon inhalation and thermal treatment

岡山大・院保健学^{*1}, 岡山大・保健学域^{*2}, 原子力機構・人形峠セ^{*3}
○宮永 清瑚^{*1}, 片岡 隆浩^{*2}, 田中 歩^{*1}, 竹中 伶樹^{*1}, 直江 翔太^{*3}, 長野 光希^{*1},
後藤 朱渚^{*1}, 田野 功太郎^{*1}, 神崎 訓枝^{*3}, 迫田 晃弘^{*3}, 山岡 聖典^{*2}
(MIYANAGA Shogo^{*1}, KATAOKA Takahiro^{*2}, TANAKA Ayumi^{*1}, TAKENAKA
Reiju^{*1}, NAOE Shota^{*3}, NAGANO Mitsuki^{*1}, GOTO Shuna^{*1}, TANO Kotaro^{*1},
KANZAKI Norie^{*3}, SAKODA Akihiro^{*3}, YAMAOKA Kiyonori^{*2})

1. 緒論

我々は今までに、適度のラドン吸入はマウス諸臓器中の抗酸化機能を亢進することにより活性酸素種由来の疾患を抑制することなどを報告してきた。同様に適度の温熱処理も活性酸素種由来の疾患を抑制することが知られているが、ラドン吸入との併用による作用に関する報告は皆無に近い。このため本研究では、ラドン吸入と温熱処理の併用によるマウス心臓・肺・胃・小腸・大腸中の抗酸化機能の変化特性に着目して検討した。

2. 方法

対象動物は、BALB/cJ マウスを用いた。温熱処理は、インキュベーター内を 38.5℃に設定して、40 分/日で 1・3・7 日間それぞれ施した。対照となる非温熱処理は、インキュベーター内を室温に設定して、同様に施した。温熱処理後、バックグラウンドレベル (Sham) または 2000 Bq/m³ のラドンを 24 時間吸入させた。吸入終了直後に安楽死させ、心臓・肺・胃・小腸・大腸を摘出・試料調製し、抗酸化機能の代表的指標となる superoxide dismutase (SOD) 活性・catalase (CAT) 活性・total glutathione (t-GSH) 量をそれぞれ定法に従い分析した。

3. 結果・考察

ラドン吸入と温熱処理の併用による各臓器中の抗酸化機能の変化特性について、本実験条件下では概ね小腸・大腸では増加し、肺では減少し、心臓・胃では変化しなかった。

4. 結論

得られた所見は、ラドン吸入と温熱処理の併用に対する応答性が臓器により異なることを示唆する。今後は、ラドン吸入と温熱処理の併用による活性酸素種由来の疾患の効果的な抑制に向け、最適な併用条件の組合せや抗酸化機能の関連指標による作用機序などについて検討する予定である。

^{*1} Graduate School of Health Sciences, Okayama University

^{*2} Faculty of Health Sciences, Okayama University

^{*3} Ningyo-toge Environmental Engineering Center, JAEA

細胞実験のためのラドン曝露装置の開発 Development of a radon exposure system for cell experiments

岡山大・院保健学^{*1}, 岡山大・保健学域^{*2}, 原子力機構・人形峠セ^{*3}

岡山大・自然生命科学研究支援セ^{*4}

○田中 歩^{*1}, 片岡 隆浩^{*2}, 竹中 伶樹^{*1}, 宮永 清瑚^{*1}, 直江 翔太^{*3}, 長野 光希^{*1}, 後藤 朱渚^{*1}

田野 功太郎^{*1}, 神崎 訓枝^{*3}, 迫田 晃弘^{*3}, 寺東 宏明^{*4}, 山岡 聖典^{*2}

(TANAKA Ayumi^{*1}, KATAOKA Takahiro^{*2}, TAKENAKA Reiju^{*1}, MIYANAGA Shogo^{*1},
NAOE Shota^{*3}, NAGANO Mitsuki^{*1}, GOTO Shuna^{*1}, TANO Kotaro^{*1}, KANZAKI Norie^{*3},
SAKODA Akihiro^{*3}, TERATO Hiroaki^{*4}, YAMAOKA Kiyonori^{*2})

1. 緒論

我々は今までに、ラドン曝露による抗酸化機能亢進や酸化ストレス抑制作用などについて、主にマウスを用いた動物実験により検討してきた。他方、ラドン曝露による生体作用の機序をより詳細に解明するには、細胞レベルでの評価系の構築が必要である。そこで本研究では、培養細胞へのラドン曝露を可能とする細胞実験用ラドン曝露装置を新たに製作し、安定した曝露条件の構築に向けて種々検討した。

2. 方法

製作した細胞実験用ラドン曝露装置は、ラドン線源としてドールストーンを装置外部に設置し、ドールストーンから散逸したラドンをインキュベータ内へ送気する構成とした。また、送気流量を調整することにより、インキュベータ内のラドン濃度の制御を試みた。さらに、装置性能の評価としては、主にインキュベータ内のラドン濃度測定を行い、濃度の推移および安定性について検討した。

3. 結果・考察

製作した本装置により、インキュベータ内へ最大約 4000 Bq/m³に達するラドンを含有する空気が安定的に供給できることを確認した。また、送気流量の調整により、ラドン濃度が可変できることを確認した。さらに、線源とインキュベータの間にトロン減衰容器を設置することによりラドン濃度を維持したままトロン濃度が低減でき、トロンの影響を除去した曝露系構築への有用性を示した。

4. 結論

培養細胞実験系に適用可能なラドン曝露装置を新たに製作し、4000 Bq/m³まで濃度可変できるなど安定した曝露条件を構築することができた。また、トロン減衰容器の導入により、ラドン濃度を維持しつつトロン濃度を低減可能にすることができた。これらの所見などから、本装置はラドン曝露による生体作用の機序を細胞レベルでより詳細に解明するための有用な実験基盤となることが期待できる。

^{*1} Graduate School of Health Sciences, Okayama University

^{*2} Faculty of Health Sciences, Okayama University

^{*3} Ningyo-toge Environmental Engineering Center, JAEA

^{*4} Advanced Science Research Center, Okayama University

Brca1 変異雌ラットを用いた放射線による生殖影響の感受性評価
Assessment of Sensitivity to Radiation-Induced Reproductive Effects
in Female *Brca1*-Mutant Rats

都立大・院・人間健康科学^{*1}, QST・放医研^{*2}, QST・生命研^{*3}
○朝香 千咲稀^{*1,2}, 矢野 (西村) 由希子^{*2}, 永田 健斗^{*2,3},
高畠 賢^{*1,2}, 井上 一雅^{*1}, 今岡 達彦^{*2,3}
(ASAKA, Chisaki^{*1,2}; YANO(NISHIMURA), Yukiko^{*2}; NAGATA, Kento^{*2,3};
TAKABATAKE, Masaru^{*1,2}; INOUE, Kazumasa^{*1}; IMAOKA, Tatsuhiko^{*2,3})

1. はじめに

生殖細胞に対する放射線被ばくは、生殖機能の低下・喪失及び遺伝的影響を引き起こし得る。ICRPの2007年勧告では、生殖影響のしきい値として、男性は0.15Gyの放射線被ばくにより一時的な不妊、3.5~6.0Gyで永久不妊、女性は2.5~6.0Gyの放射線被ばくにより不妊が生じ得ると報告されている。

*Brca1*はDNA二本鎖切断の修復遺伝子であり、放射線被ばくにより生じる損傷を修復する。3週齢の*Brca1*変異ラットに2Gyのγ線を照射すると、乳がんの発症率が野生型と比較して有意に増加する。そこで、放射線感受性が異なる*Brca1*変異ラットおよび野生型ラットに対して放射線照射し、生殖影響に関する評価を行った。

2. 方法

①卵胞の定量解析

放射線照射群（高線量率、低線量率）および非照射群の野生型ラット・*Brca1*変異ラットの計6群（各群4匹）から卵巣を採取し、左右10枚ずつの連続切片を作製した。切片内における卵胞の発育段階ごと（原始卵胞、一次卵胞、二次卵胞、初期胞状卵胞、胞状卵胞、排卵前卵胞、各発育段階の閉鎖卵胞）の定量を行った。

②閉経に相当する時期の特定

放射線照射群（高線量率、低線量率）および非照射群の野生型ラット・*Brca1*変異ラットの計6群（各群10匹）に対し、8~52週齢において4週間ごとに2週間連続して膣スメアを採取した。採取した細胞を光学顕微鏡で観察することにより、発情周期の判定を行った。4週間連続して発情周期の停止が確認された場合、その期間の初日を閉経時期とした。

3. 結果および考察

①卵胞の定量解析

ほとんどの卵胞で*Brca1*遺伝子型による有意差は認められなかった。原始卵胞では、非照射群および低線量率群と比較して高線量率群で有意な減少が認められたが、両遺伝子型で同様の傾向が見られた。また、排卵前卵胞時の閉鎖卵胞は、野生型ラットにおいてのみ、非照射群と比較して高線量率群で有意な減少が認められた。以上より、放射線被ばくによる卵胞の減少は、*Brca1*変異の有無に関与する可能性が低いことが示唆された。

②閉経に相当する時期の特定

現在、発情周期の判定を行っており、その成果についても本研究発表会で発表する予定である。

4. 結論

*Brca1*遺伝子型による放射線の雌の生殖影響の違いは強くは認められなかった。

^{*1} Graduate School of Human Health Sciences, TMU ^{*2} QST Institute for Radiological Science

^{*3} QST Institute for Quantum Life Science

ラット乳がんモデルにおける放射線誘発がんと自然発生がんのグローバル DNA メチル化 プロファイルの解析

Comparative Analysis of Global DNA Methylation Profiles in Radiation-Induced and Spontaneous Rat Mammary Carcinomas

都立大学・院・人間健康科学^{*1}, QST・放医研^{*2}

○眞柴 美咲^{*1}, 今岡 達彦^{*2}, 高畠 賢^{*1,2}

(MASHIBA, Misaki^{*1}; IMAOKA, Tatsuhiko^{*2}; TAKABATAKE, Masaru^{*1,2})

1. はじめに

がんは「ゲノム異常」と「エピゲノム異常」の蓄積により発生するとされており、特にゲノムの約 45% を占めるレトロトランスポゾン等の反復配列における DNA のメチル化は、遺伝子発現制御において重要な役割を担う。放射線誘発がんでは、放射線に由来したゲノム異常が多数報告されている。がん化に伴う DNA のメチル化レベルの低下は、乳がんの発生と予後とも関連が指摘されているが、自然発生がんと放射線誘発がんのエピゲノム異常の報告は乏しい。本研究の最終目的は、放射線誘発がんと自然発生がんの DNA のメチル化レベルの違いを明らかにすることである。本要旨では、その前段階として、ゲノム全体のメチル化指標となる LINE1 領域を対象とし、PCR 産物長が高精度融解解離曲線解析 (High Resolution Melting: HRM) に与える影響を検証した。

2. 方法

ラット High/Low メチル化コントロール DNA を用い、High、Low、および両者を等量混合した Medium の 3 段階のメチル化用のコントロール DNA を調製した。これらにバイサルファイト処理を施し、PCR および HRM 解析には、産物長の異なる 2 種類のプライマー (396 bp および 187 bp) を使用した。PCR 増幅を確認後、LightCycler96 を用いて 65°C から 95°C までの蛍光量変化を測定し、メチル化レベルと積算蛍光量の関係を線形回帰により評価した。

3. 結果および考察

電気泳動の結果、2 種類のプライマー共に目的サイズの増幅を確認した。HRM 解析において、396 bp のプライマーではメチル化レベルによる融解パターンの明確な差異は見られず、決定係数 $R^2 = 0.0434$ と極めて低い相関を示した。一方、187 bp のプライマーでは、メチル化レベルの上昇に伴い融解温度が高温側へシフトし、積算蛍光量との間に高い相関 ($R^2 = 0.9578$) が認められた。これらの違いは、PCR 産物長が短いことにより AT リッチな領域の影響が低減され、メチル化状態に依存した融解挙動が反映されやすくなったためと考えられる。一般的に HRM 解析では 80~200 bp の産物長が推奨されるが、本研究においても PCR 産物の短いプライマーが LINE1 領域の定量において高い精度を有することが示された。

4. 結論

LINE1 領域における DNA メチル化レベルの定量には、187 bp 程度の PCR 産物長が適していることが明らかとなった。本結果は、LINE1 メチル化を指標としたがんエピゲノム解析の精度および再現性の向上に寄与することが示唆された。今後の展望として、本手法を用いてラットの正常乳腺組織、自然発生および放射線誘発乳がんから抽出した DNA を用いて HRM 解析を行い、メチル化レベルの差異を明らかにする予定である。

^{*1} Graduate School of Human Health Science, Tokyo Metropolitan University

^{*2} National Institutes for Quantum Science and Technology

Invited Lecture

📅 Wed. Jul 8, 2026 1:00 PM - 1:30 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 4:00 AM - 4:30 AM UTC | 🏢 C (Conference Room Uranus)

ライフサイエンス1

Chairman: Keitaro Tanoi

1:00 PM - 1:30 PM JST | 4:00 AM - 4:30 AM UTC

[1C06] Study on Carbon Partitioning and Improvement of Utilization Characteristics by Modifying Starch Metabolism in Rice Straw

○ Ryutaro Morita¹ (1. Grad. Sch. Agric. Life Sci., The Univ. of Tokyo)

イネ茎部の澱粉代謝改変による炭素分配と稲わら利用特性の改良に関する研究

Improving carbon partitioning and rice straw utility through the modification of starch metabolism in rice stems

東京大学大学院農学生命科学研究科^{*1}森田 隆太郎^{*1}(Ryutaro Morita^{*1})1. はじめに

国内における稲わらの年間発生量は、子実収量に匹敵する約 800 万トンに達し、最大の農業副産物となっている。しかし、その利用は限定的であり、多くは水田に漉き込まれ、土壌で分解されるにとどまっている。さらに、稲わらの分解に伴う二酸化炭素の放出に加え、国内における主要なメタン発生源となるなど、環境負荷の面でも課題が多い。現在、稲わらの多用途利用として、イネホールクロップサイレージ (WCS) やバイオ燃料への活用が期待されているが、基質となる可溶性糖や澱粉の含有量が不十分であることが実用上の障壁となっている。本研究では、稲わらの主要組織である茎部に蓄積する澱粉に着目し、その代謝改変を通じて資源としての付加価値向上および利用促進を図ることを目的とした。また、イネ茎部における澱粉代謝の改変が組織間の炭素分配、特に根からの滲出物に及ぼす影響は精査されていない。そこで、¹⁴C を用いたトレーサー実験により解析した。

2. 方法

本研究では、イネ茎部における澱粉生合成の律速酵素である ADP-glucose pyrophosphorylase large subunit1 (AGPL1) と、その転写制御因子である CO₂ Responsive CCT Protein (CRCT) に着目し、稲わらの澱粉代謝を改変した。*Tos17* レトロポゾン挿入による *agpl1* 機能欠損アレルを、イネ WCS 専用品種である「リーフスター」や「たちすずか」に交配により導入し、茎部における可溶性糖・澱粉濃度の変化を解析した。また、*agpl1* 機能欠損イネを用いた ¹⁴C トレーサー実験により、茎部澱粉代謝の変化が器官間の炭素分配や根圏への炭素滲出量に及ぼす効果を明らかにした。さらに、*CRCT* 過剰発現による稲わらからのバイオエタノール生産効率の改良が可能か解析を行なった。

3. 結果および考察

背景品種を問わず、*agpl1* 機能欠損アレルを導入すると茎部の澱粉蓄積量は劇的に低下した。その一方で、可溶性糖濃度は有意に増加したが、その増加量は澱粉蓄積量の減少量よりは少なかった。このため、器官間の炭素分配の変化を解析したところ、明確な差はなかった。一方で、*agpl1* 変異体の根圏への炭素滲出量は野生型よりも低い傾向にあった。*CRCT* を過剰発現させると、*AGPL1* など複数の澱粉生合成関連遺伝子の発現量が増加し、澱粉蓄積量も有意に増加した。このため、一般的な草本系バイオマスの前処理方法である濃硫酸処理後のグルコース収量も顕著に増加した。

4. 結論

以上の結果から、イネ茎部の澱粉を標的とした代謝改変が、稲わらの多用途利用特性を改良できることが示された。さらに本研究の知見は、地下部への炭素動態の制御を介して、水田からの温室効果ガス排出抑制にも繋がる可能性を秘めている。将来的には、イネの炭素分配の最適化を通じて、食料生産、再生可能エネルギーの創出を同時に達成する新たな循環型農業の実現に貢献したい。

^{*1} Graduate School of Agricultural and Life Science

Young Scientist Award Nominee

📅 Wed. Jul 8, 2026 1:30 PM - 2:00 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 4:30 AM - 5:00 AM UTC | 🏢 C (Conference Room Uranus)

ライフサイエンス 2

Chairman: Keitaro Tanoi

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:30 PM - 1:45 PM JST | 4:30 AM - 4:45 AM UTC

[1C07] Analysis of Newly Fixed Carbon Allocation to Soybean Roots under Abiotic Stress

○ Aoi Nohara¹, Maho Shimada¹, Ayumi Agata¹, Mikio Nagazono¹, Ryohei Sugita², Hirokazu Takahashi¹ (1. Grad.Sch.Bioagr.Sci, Nagoya U, 2. RI.Res.Cent, Nagoya U)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

1:45 PM - 2:00 PM JST | 4:45 AM - 5:00 AM UTC

[1C08] Comparison of leaf position-dependent phosphorus allocation in Poplar between the growing and senescent seasons using ³²P

○ Aoi Hirata¹, Yuko Kurita¹, Ryohei Sugita², Natsuko Kobayashi¹, Keitaro Tanoi^{1,3} (1. UTokyo, 2. Nagoya Univ., 3. F-REI)

ダイズ根における異なる根圏ストレス条件下での新規固定炭素分配パターンの解析 Analysis of Newly Fixed Carbon Allocation to Soybean Roots under Abiotic Stress

名古屋大学大学院生命農学研究科^{*1}, 名古屋大学アイソトープ総合センター^{*2}

○野原 葵^{*1}, 嶋田 舞穂^{*1}, 杉田 亮平^{*2}, 縣 歩美^{*1}, 中園 幹生^{*1}, 高橋 宏和^{*1}

(NOHARA, Aoi^{*1}; SHIMADA, Maho^{*1}; SUGITA, Ryohei^{*2}; AGATA, Ayumi^{*1};

NAKAZONO, Mikio^{*1}; TAKAHASHI, Hirokazu^{*1})

1. はじめに

植物は、根圏ストレスに応答して、根系形態を可塑的に変化させる。このような形態変化には膨大なエネルギーを必要とするため、その供給源となる炭素の動態も変化していると考えられる。ダイズでは低酸素ストレス下で、主根の伸長や側根の形成が著しく抑制されるとともに、ストレス処理 24 時間以内に根への新規固定炭素蓄積量が低下する。一方で、糖含量に大きな変動は認められないことから、新規固定炭素動態は根圏ストレス応答の指標となり得る。本研究では、低酸素に加え、浸透圧および塩ストレス下でのダイズ根における新規固定炭素動態を解析した。

2. 方法

播種 3 日後のダイズ (*Glycine max*) を、通常水耕液 (対照区)、0.1%寒天を加え窒素ガスにより溶存酸素濃度を 0.3 mg O₂/L 以下にした水耕液 (低酸素区)、20.8% PEG 水耕液 (浸透圧処理区)、または 100 mM NaCl 水耕液 (塩処理区) で 0, 1, 3, 9, 24 時間生育させた。各処理後、植物体を放射性同位体で標識した ¹⁴CO₂ に 1 時間暴露し、根をイメージングプレート (IP) に 3 日間露光することで光合成により固定された ¹⁴C を可視化した。また、24 時間処理後の植物体を次亜塩素酸ナトリウムに溶解させ、溶け出した ¹⁴C を液体シンチレーションカウンターで定量した。

3. 結果および考察

24 時間処理後の植物体全体の ¹⁴C 量は、対照区と比較してすべてのストレス区で減少しており、ストレスにより炭素固定能が低下することが示唆された。IP 解析の結果、低酸素区ではストレス処理 1 時間後から根の ¹⁴C シグナルが著しく低下し、その後基部側でのみ部分的な回復が認められた。一方で、浸透圧処理区と塩処理区では根全体の ¹⁴C シグナルが経時的に減少した。また、24 時間処理後の地下部/地上部 ¹⁴C 量比は、低酸素区で有意に減少した一方、浸透圧処理区と塩処理区では変化しなかった。このことから、根の ¹⁴C シグナル低下は、低酸素区では根への新規固定炭素の輸送抑制、浸透圧・塩ストレス区では主に炭素固定量の低下に起因すると考えられた。

4. 結論

本研究により、低酸素、浸透圧および塩ストレスのいずれにおいても、処理開始後 24 時間以内に根への新規固定炭素蓄積量が低下することが明らかとなった。一方、その要因はストレス条件により異なり、低酸素ストレスでは地上部から根への炭素輸送抑制、浸透圧・塩ストレスでは炭素固定量の低下が主要要因であることが示唆された。

^{*1} Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University

^{*2} Radioisotope Research Center, Nagoya University

³²P を用いたポプラにおける葉位別リン分配の成長期と落葉期の比較
Comparison of leaf position-dependent phosphorus allocation in Poplar between the
growing and senescent seasons using ³²P

東大・院農^{*1}, 名大・アイソトープ^{*2}, F-REI^{*3}

○平田 碧唯^{*1}, 栗田 悠子^{*1}, 杉田 亮平^{*2}, 小林 奈通子^{*1}, 田野井 慶太郎^{*1,3}

(HIRATA, Aoi^{*1}; KURITA, Yuko^{*1,2}; SUGITA, Ryohei^{*2}; KOBAYASHI, Natsuko^{*1};
TANOI Keitaro^{*1,3})

1. はじめに

落葉木本植物は、成長を維持するために、体内のリン (P) を転流により効率的に利用している。P は蒸散を駆動力とする道管流によって根から吸収され、植物体内では篩管流を介して転流される。P は成長期に成熟葉から若い葉へ、落葉前には葉から幹や根へと転流される。しかし、これら二つの転流様式の制御機構は未解明である。そこで、本研究ではこの制御機構の解明に向けて、根から吸収された P の地上部への分配を解析した。成長期では ³²P 動態を経時的に解析し、落葉前では ³²P を培地に添加してから 22 時間の葉内の ³²P 分配を解析した。

2. 方法

ポプラ (*Populus alba* L.) の挿し木をバーミキュライトに植えて実験室内短縮周年系で育成した。本システムは日長および温度条件に基づき、Stage 1 (25°C, 16 h light)、Stage 2 (15°C, 8 h light)、Stage 3 (5°C, 8 h light) の 3 段階に区分される。成長期の Stage 1 と落葉前の Stage 3 において、根から吸収させた放射性同位体 ³²P の地上部での動態を調べた。Stage 1 では、³²P を加えた液体培地を根から吸収させ、生体内の P 動態を可視化する Real-time radioisotope imaging system (RRIS) で連続撮影した。さらにオートラジオグラフィー解析により、Stage 1 と 3 における葉位ごとの ³²P を解析した。

3. 結果および考察

Stage 1 では、³²P は吸収後 1 時間以内に各葉へ均等に分配され、その後 3 時間以内に若い葉へ優先的に分配された。この結果から、³²P 吸収直後は道管流によって全体に分配され、その後の若い葉への分配は、成熟葉から回収された P が篩管流を介して転流した結果であると考えた。また、オートラジオグラフィー解析では、成熟葉の葉身の基部側と葉柄に ³²P が局在した。この結果から、葉身から葉柄への P 回収、あるいは葉柄から葉身への P 輸送抑制の可能性が考えられる。

Stage 3 では、若い葉への優先的な分配は見られず、葉への P 分配量も低下していた。Stage 3 では蒸散流の低下や葉と幹の間に離層形成が起こる。これらによって、道管流による葉への P 分配が制限されたと考えられる。一方で葉に分配された P が篩管流によって迅速に回収された可能性も考えられる。

4. 結論

Stage 1 における若い葉への優先的な P 分配は、吸収直後の道管流による輸送と、その後の篩管流による転流の協調的な制御により成立している可能性が示唆された。一方、Stage 3 における葉への P 分配抑制は、道管流輸送の制限、あるいは葉へ分配された P の篩管流による回収、もしくはその両方によって生じる可能性が考えられる。

^{*1} Graduate School of Agricultural and Life Science, The University of Tokyo

^{*2} Radioisotope Research Center, Nagoya University

^{*3} Fukushima Institute for Research, Education and Innovation (F-REI)

Young Scientist Award Nominee

🎵 Wed. Jul 8, 2026 2:10 PM - 2:55 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 5:10 AM - 5:55 AM UTC | 🏢 C (Conference Room Uranus)

放射線化学 1

Chairman: Yusa Muroya (The University of Osaka)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:10 PM - 2:25 PM JST | 5:10 AM - 5:25 AM UTC

[1C09] Radiation-induced Redox Chemistry of Nitrogen Compounds: From Transient Intermediates Processes to Stable Product Formation

○ Xiang Li¹, Akito Watanabe¹, Shinichi Yamashita¹, Atsushi Kimura², Mitsumasa Taguchi² (1. UTokyo, 2. QST)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

2:25 PM - 2:40 PM JST | 5:25 AM - 5:40 AM UTC

[1C10] 【発表取消】 Water radiolysis in the presence of hematite (Fe₂O₃) nanoparticles: Radical reactions and hydrogen evolution

○ YANSHAN LIAO¹, Akito WATANABE¹, Shinichi YAMASHITA¹, Atsushi KIMURA², Mitsumasa TAGUCHI² (1. School of Engineering The University of Tokyo, 2. National Institutes for Quantum Science and Technology)

2:40 PM - 2:55 PM JST | 5:40 AM - 5:55 AM UTC

[1C11] Comparative Hydroxyl Radical Scavenging and Chemical Repair Capabilities of Tyrosine- or Cysteine-Containing Positively Charged Peptides: A Pulse Radiolysis Study

○ Chaozhong Tian¹, Akito Watanabe¹, Yui Obata², Hao Yu³, Atsushi Kimura³, Mitsumasa Taguchi³, Shinichi Yamashita¹ (1. School of Engineering, the University of Tokyo, 2. Faculty of Basic Natural Science, Ibaraki University, 3. Takasaki Institute for Advanced Quantum Science, National Institutes for Quantum Science and Technology)

窒素化合物の放射線誘起酸化還元反応：
中間活性種の観測と安定生成物の定量

Radiation-induced Redox Chemistry of Nitrogen Compounds:
From Transient Intermediates Processes to Stable Product Formation

東大・院・工^{*1}, 量研・高崎研^{*2}

○李 響^{*1}, 渡邊 晶斗^{*1}, 木村 敦^{*2}, 田口 光正^{*2}, 山下 真一^{*1}

(LI, Xiang^{*1}; WATANABE, Akito^{*1}; KIMURA, Atsushi^{*2}; TAGUCHI, Mitsumasa^{*2};

YAMASHITA, Shinichi^{*1})

1. はじめに

窒素酸化物を含む水溶液の放射線分解では、還元生成物としてアンモニア (NH_3) が生成する。このアンモニアは燃料や水素キャリアとしても注目されているほか、原子炉一次冷却水中では水化学制御や酸化性腐食の抑制にも関わる。水の放射線分解では酸化性の OH ラジカル ($\cdot\text{OH}$) と還元性の水和電子 (e^-_{aq}) が主に生成される。窒素酸化物 (NO_x) 水溶液では e^-_{aq} による還元で NH_3 が生成する一方で、これを阻害する $\cdot\text{OH}$ による酸化も起こるため、酸化還元環境の制御が重要となる。本研究では NO_x 水溶液への定常照射で生成する NH_3 を定量すること、さらに、時間分解分光で還元過程を直接観測して複雑な反応メカニズムを調べることを目的とした。

2. 方法

定常照射には QST 高崎研の ^{60}Co γ 線 (線量率 5 kGy/h) を用いた。硝酸イオン (NO_3^-) または亜硝酸イオン (NO_2^-) を含む水溶液を空気または Ar で飽和したものを照射試料とした。適宜ギ酸イオン (HCOO^-) を添加し、酸化性の $\cdot\text{OH}$ を除去して還元性のギ酸ラジカル ($\text{COO}^\cdot$) へと変換した。生成した NH_3 とシュウ酸イオン ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$) および残存する NO_2^- 、 NO_3^- 、 HCOO^- はイオンクロマトグラフィで定量した。

時間分解分光 (パルスラジオリシス) は東大原子力専攻の電子線加速器 LINAC で実施した (加速エネルギー 35 MeV、パルス幅 10 ns、吸収線量 10-50 Gy/pulse)。電子線パルスと同期した Xe フラッシュランプの発光を分析光に用い、試料通過後の光強度を PIN フォトダイオードで検出し、オシロスコープで観測した。窒素化合物としては NO_3^- と NO_2^- に加え、ヒドロキシルアミン (NH_2OH) も用い、適宜 HCOO^- も添加して $\text{COO}^\cdot$ による還元も調べた。

3. 結果および考察

定常照射で NH_3 はある吸収線量まで増加した (1 mM KNO_2 / 5 mM HCOOK 水溶液では 10 kGy で約 350 μM)。しかし照射を継続すると NH_3 は減少し、蓄積した酸化性の過酸化水素 (H_2O_2) による阻害が疑われた。照射後に残存する NO_x 種や HCOO^- 、 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ の変化からも、還元反応の進行と酸化性環境への移行が示唆された。 HCOO^- 添加量が不十分な場合も NH_3 生成量は低下した。 e^-_{aq} だけでなく $\text{COO}^\cdot$ の寄与も重要と確認できた。

パルスラジオリシスでは、 $\text{NO}_2^-/\text{HCOO}^-$ 系で $\text{NO}_2^\cdot$ および $\text{COO}^\cdot$ の過渡吸収を 350 nm 付近で観測した。いずれのラジカルも同種のラジカルとの反応 ($\text{NO}_2^\cdot + \text{NO}_2^\cdot$ および $\text{COO}^\cdot + \text{COO}^\cdot$) で減衰することが知られているものの、両者が共存すると減衰が加速し、 $\text{COO}^\cdot$ と $\text{NO}_2^\cdot$ の反応が示唆された。さらに、 $\text{NH}_2\text{OH}/\text{HCOO}^-$ 系で、 $\text{COO}^\cdot$ と NH_2OH 由来中間体の過渡吸収を 350 nm 付近で観測した。しかし、複数の化学種の吸収が重なり、寄与を分離するにはさらなる解析が必要である。

^{*1} School of Engineering, UTokyo ^{*2} Takasaki Institute for Advanced Quantum Science, QST

ヘマタイト (Fe_2O_3) ナノ粒子存在下における水の放射線分解：ラジカル反応と水素発生

Water radiolysis in the presence of hematite (Fe_2O_3) nanoparticles:

Radical reactions and hydrogen evolution

東大・院・工^{*1}, 量研機構・高崎研^{*2}

○廖 雁山^{*1}、渡邊 晶斗^{*1}、木村 敦^{*2}、田口 光正^{*2}、山下 真一^{*1}

(Yanshan LIAO^{*1}; Akito WATANABE^{*1}; Atsushi KIMURA^{*2}; Mitsumasa TAGUCHI^{*2};

Shinichi YAMASHITA^{*1})

1. Introduction

Water radiolysis generates radiolytic species, including free radicals and molecular hydrogen (H_2), posing challenges to nuclear system safety. As shown in the Figure, hematite (Fe_2O_3) nanoparticles (NPs) were used as a model of corrosion products because iron oxides are major components of corrosion layers on structural materials, which may influence radiolytic reactions in coolant water. This study focuses on radical behavior mediated by Fe_2O_3 NPs and its implications for material degradation in nuclear environments.

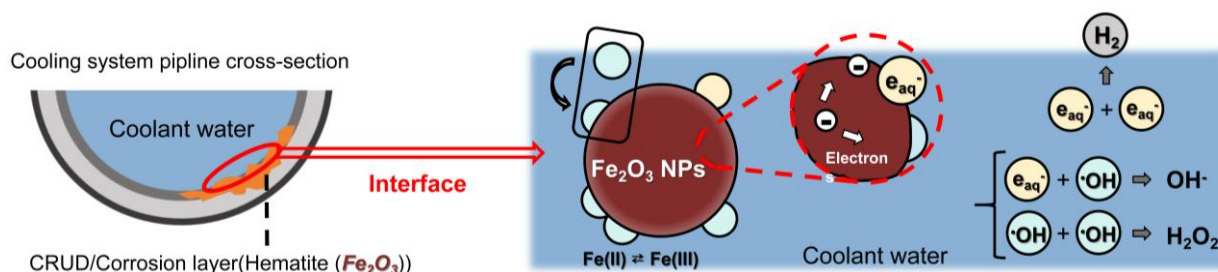


Figure. Conceptual illustration of Fe_2O_3 nanoparticle-mediated water radiolysis in coolant systems

2. Experimental

Pulse radiolysis, a time-resolved absorption spectroscopy, was conducted using an S-band LINAC at the Nuclear Professional School, UTokyo. The behaviors of hydrated electrons (e_{aq}^-) and hydroxyl radicals ($\cdot\text{OH}$) were observed in the presence of hematite NPs (20-40 nm).

Steady-state irradiation with ^{60}Co γ -rays was conducted at Takasaki Institute for Advanced Quantum Science, QST. H_2 production was quantified by gas chromatography with a thermal conductivity detector.

3. Results and Discussion

Fe_2O_3 NPs showed a dual, concentration-dependent effect on the decay of e_{aq}^- . At moderate NPs concentrations (≤ 0.32 g/L), the e_{aq}^- decay was retarded, suggesting that $\cdot\text{OH}$ was additionally consumed on the particle surface. In contrast, at higher NPs concentrations (≥ 0.32 g/L), the decay became faster, indicating additional electron-loss pathways, such as electron trapping or surface-mediated electron transfer. To probe the decay behavior of $\cdot\text{OH}$, KSCN was used as a scavenger. The addition of KSCN significantly slowed the decay of e_{aq}^- by scavenging $\cdot\text{OH}$, thereby suppressing the rapid reaction between $\cdot\text{OH}$ and e_{aq}^- .

For H_2 production, $G(\text{H}_2)$ increased with higher Fe_2O_3 NPs weight ratio. This enhancement should not be interpreted only as a physical surface-area effect. It also suggests that chemical reactions on the NPs surface catalytically promote the conversion of radiolytic intermediates into H_2 .

*1 School of Engineering, UTokyo,

*2 Takasaki Institute for Advanced Quantum Science, QST

正電荷ペプチドにおけるチロシンおよびシステイン残基の放射線防護能の比較
**Comparative Hydroxyl Radical Scavenging and Chemical Repair Capabilities
 of Tyrosine- or Cysteine-Containing Positively Charged Peptides: A Pulse Radiolysis Study**

東大・院・工^{*1}, 茨大・基礎自然科学野^{*2}, 量研・高崎研^{*3}

○田 超中^{*1}, 渡邊 晶斗^{*1}, 小畑 結衣^{*2}, 木村 敦^{*3}, 田口 光正^{*3}, 山下 真一^{*1}

(TIAN, Chaozhong^{*1}; WATANABE, Akito^{*1}; OBATA, Yui^{*2}, KIMURA Atsushi^{*3},

TAGUCHI Mitsumasa^{*3}, YAMASHITA, Shinichi^{*1})

1. Introduction

Radiation therapy is widely used as an effective cancer treatment; however, radiation-induced damage to normal tissues remains a major challenge. Radioprotective and radiosensitizing agents have therefore been developed to selectively enhance damage to cancer cells while reducing damage to normal cells. Positively charged peptides (PCPs) have recently attracted attention as radioprotective agents because they offer low toxicity, structural tunability, and cell permeability, meanwhile, their positive charges allow interactions with DNA and enable them to function near DNA. Recent studies have shown that PCPs can protect DNA from radiation-induced damage through free radical scavenging and chemical repair. However, more effective PCP-based radioprotectors require careful selection of amino acid sequence. In this study, we synthesized four PCPs— Arg-Cys-Arg, His-Cys-His, Arg-Tyr-Arg, and His-Tyr-His, where Arg, Cys, His, and Tyr are arginine, cysteine, histidine, and tyrosine, respectively. His and Arg provide positive charges, whereas antioxidant Cys and Tyr serve as functional “cargo” residues for comparison. This study aims to optimize peptide sequences to enhance radioprotection and contribute to the development of peptide-based radioprotective agents. We investigated and compared their hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$) scavenging and chemical repair capabilities.

2. Method

Solid Phase Peptide Synthesis: The PCPs were synthesized using Fmoc-based solid-phase peptide synthesis (SPPS). Peptide identity and purity were confirmed by LC-MS analysis.

Pulse Radiolysis: Pulse radiolysis experiments were conducted using the S-band linac facility at the Nuclear Professional School, UTokyo, where aqueous samples containing PCPs and deoxyribonucleoside monophosphates (e.g., dGMP) were irradiated. Time-resolved absorption changes were monitored after irradiation to assess the $\cdot\text{OH}$ scavenging capacity and chemical repair activity of each PCP.

3. Results and Discussion

$\cdot\text{OH}$ scavenging measurements revealed that free Tyr and Cys possess comparable radical scavenging capacities. Upon incorporation into PCPs with His or Arg residues, the reactivity of Tyr and Cys toward $\cdot\text{OH}$ was partially suppressed, indicating shielding effects of the flanking positively charged residues on the central Cys or Tyr residue. Notably, Cys-containing PCPs exhibited substantially lower $\cdot\text{OH}$ scavenging capacity than Tyr-containing PCPs, suggesting that the central Cys residue is more strongly shielded. Chemical repair measurements showed that Tyr-containing PCPs more efficiently repaired purine-derived damage, whereas neither Tyr- nor Cys-containing PCPs showed significant repair activity toward pyrimidine-derived damage. These results demonstrate that the radioprotective performance of PCPs is highly sequence dependent.

4. Conclusion

The radioprotective mechanisms of PCPs are strongly governed by their amino acid sequences. The higher $\cdot\text{OH}$ scavenging and purine-repair capacities of Tyr-containing PCPs suggest that Tyr may serve as a more effective functional cargo than Cys for the design of PCP-based radioprotective agents.

^{*1} Sch. Eng., UTokyo; ^{*2}Fac. Nat. Sci., Ibaraki Univ; ^{*3}TIAQ, QST

Young Scientist Award Nominee

🎵 Wed. Jul 8, 2026 3:00 PM - 4:15 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 6:00 AM - 7:15 AM UTC | 🏢 C (Conference Room Uranus)

放射線生物学 3

Chairman: Ryoichi Hirayama (QST hospital)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[1C12] Immunofluorescence-Based Visualization and Quantitative Analysis of X-ray-Induced DNA Base Damage and Associated DNA Repair Enzymes

○ Kentaro Sugawara¹, Ryoichi Hirayama², Atsushi Ito¹, Shigeo Yoshida¹ (1. Tokai Univ., 2. National Institutes for Quantum Science and Technology)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:15 PM - 3:30 PM JST | 6:15 AM - 6:30 AM UTC

[1C13] Changes in intracellular ATP levels specific to heavy-ion irradiation under hypoxic conditions

○ Okabe Rin^{1,2}, Toshiki Aiba², Yuki Sakamoto², Cuihua Liu², Kazutaka Doi², Jitsukawa Kana², Masaru Goto¹, Ryoichi Hirayama^{1,2} (1. Toho University, 2. QST)

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

[1C14] Investigation of the Biological Effects of Ultra-High Dose Rate Carbon-Ion Irradiation on Tumor Cells and Tumor Tissues

○ Hiromu Suda^{1,2}, Yukari Yoshida¹, Akihisa Takahashi¹, Ohno Tatsuya^{1,3} (1. GHMC, 2. Gunma Med, 3. Gunma Rad)

3:45 PM - 4:00 PM JST | 6:45 AM - 7:00 AM UTC

[1C15] Polar Aurora Belts as Prebiotic Hotspots:
A Magnetically Guided Plasma Hypothesis for the Origin of Life and Protocells

○ Shinya Kato¹ (1. Kyoto University (KURNS))

◆ Young Scientist Oral Presentation Award candidate

4:00 PM - 4:15 PM JST | 7:00 AM - 7:15 AM UTC

[1C16] Detection of DNA double-strand breaks under continuous exposure to low concentration of tritiated water

○ Kanata Izumi¹, Taku Sato¹, Jiaxin Li^{2,3}, Kyotaro Motomiya¹, Takuma Yamashita⁴, Yasushi Kino⁴, Manabu Fukumoto¹, Megumi Sasatani⁵, Masatoshi Suzuki^{1,2,3,6}, Koichi Chida^{1,6} (1. IRIDeS, Tohoku Univ., 2. Env. Radiat. Biomed., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ., 3. RECC, F-REI, 4. Radiochem., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ., 5. RIRBM, Hiroshima Univ., 6. Crs. Radiol. Technol., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ.)

X線による DNA 塩基損傷とその修復酵素の蛍光抗体を用いた可視化と定量的解析

Visualization and Quantitative Analysis of X-Ray-Induced DNA Base Damage and Its Repair

Enzymes by Immunofluorescence

*菅原 健太郎¹, 伊藤 敦², 平山 亮一³, 吉田 茂生¹

¹東海大学, ²神奈川県立がんセンター, ³QST

X線照射により誘発される酸化的 DNA 塩基損傷として、最も代表的な損傷である 8-OHdG (8-ヒドロキシ-2'-デオキシグアノシン) やその損傷に結合して除去・修復を担う OGG1 (8-オキシグアニン-DNA グリコシラーゼ) に着目し、細胞内の可視化および定量的解析について検討した。

キーワード: DNA 塩基損傷, 8-OHdG, OGG1, 可視化

1. 緒言

X線照射は活性酸素種の生成を介して DNA 塩基に酸化的損傷を引き起こし、その代表的な指標として 8-OHdG が知られている[1,2]。本研究では、X線照射によって誘発される酸化的 DNA 損傷である 8-OHdG とその損傷に結合して除去・修復を担う OGG1 に着目し、8-OHdG 抗体と OGG1 抗体を用いて細胞内での可視化を行った。8-OHdG 及び OGG1 の定量解析を行うことで、X線照射後の DNA 塩基損傷の動態を解析することを目的とした。

2. 実験方法

細胞はチャイニーズハムスター卵巣細胞株である CHO とヒト膵臓がん由来細胞株の MIA PaCa-2 を用いた。これらの細胞に X線照射を行い、蛍光抗体法を用いて 8-OHdG と OGG1 を蛍光染色し、蛍光顕微鏡下で画像を取得した。解析には ImageJ を用いて、細胞ごとの蛍光の平均強度を算出した。

3. 結論

X線照射によって細胞内に 8-OHdG が生成されることを確認した。100 Gy 照射にて 8-OHdG が検出され、照射後 5 時間経過で蛍光強度が減少する傾向を確認した。このことは時間経過とともに損傷が修復されるためと解釈できる。OGG1 の照射線量依存性を調べると、線量増加に伴い蛍光強度は増加したが、50 Gy 時がピークを示した(図 1)。現時点では、この動態に対する解釈は困難なため、実験回数およびサンプル数を増やしてより信頼性の高いデータを取得していく予定である。

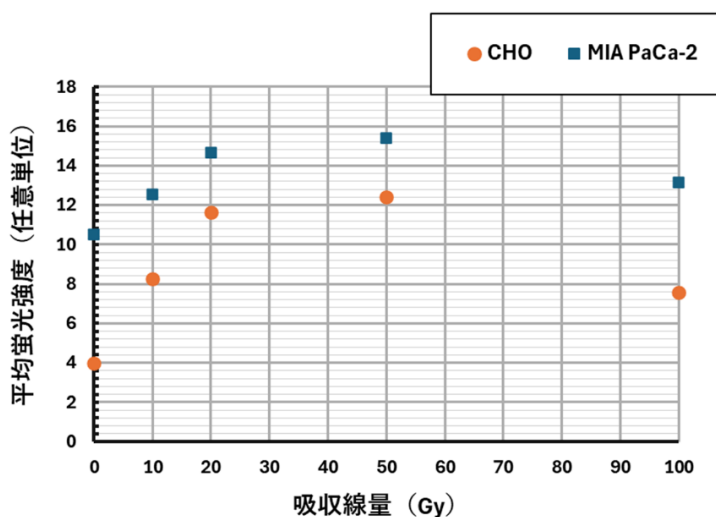


図 1 各吸収線量に対する平均強度

参考文献

- [1] Azzam EI, et al. Ionizing radiation-induced metabolic oxidative stress and prolonged cell injury.
- [2] Valavanidis A, et al. 8-OHdG/8-oxodG: a critical biomarker of oxidative stress and carcinogenesis.

低酸素下培養における重粒子線特異的な細胞内 ATP 量の変化
Changes in intracellular ATP levels specific to heavy-ion radiation during culture
under hypoxic conditions

東邦大学大学院^{*1}, 量子科学技術研究開発機構^{*2}

○岡部 凜^{*1,2}, 相場 俊樹^{*2}, 坂本 裕貴^{*2}, 劉 翠華^{*2}, 土居 主尚^{*2}, 實川 佳那^{*2},
後藤 勝^{*1}, 平山 亮一^{*1,2}

(OKABE, Rin^{*1,2}; AIBA, Toshiki^{*2}; SAKAMOTO, Yuki^{*2}; LIU, Cuihua^{*2}; DOI, Kazutaka^{*2};
JITSUKAWA, Kana^{*2}; GOTO, Masaru^{*1}; HIRAYAMA, Ryoichi^{*1,2})

1. はじめに

腫瘍内において、血管近傍の有酸素細胞は放射線感受性が高い一方で、血管から離れた低酸素細胞は放射線抵抗性を示す。照射を受けると腫瘍内の酸素環境は時間とともに変化し、低酸素細胞が再び酸素を帯びる「再酸素化」が生じる細胞もあれば、照射後も低酸素状態が持続する細胞も存在する。このような照射後の酸素環境の違いは、細胞内代謝や ATP 合成に影響を及ぼす可能性があるが、照射後の酸素環境や重粒子線照射が細胞内 ATP 量に与える影響については十分にわかっていない。そこで本研究では、LET の異なる放射線を用いて、照射後の酸素環境が細胞内 ATP 量に与える影響について調べた。

2. 方法

チャイニーズハムスター由来 CHO 細胞を使用し、照射 1 時間前より低酸素ガス (95% N₂+5% CO₂) を吹き付けて無酸素状態へ置換し、X 線または重粒子線として低 LET 炭素線 (14 keV/μm)、高 LET 炭素線 (100 keV/μm)、アルゴン線 (90 keV/μm)、鉄線 (200 keV/μm) を照射した。その後、大気下 (H-O : Hypoxic-Oxic) または無酸素下 (H-H : Hypoxic-Hypoxic) で 40 時間培養した後の細胞内 ATP 量を Cell Titer-Glo 2.0 assay を用いて各線量で測定した。

3. 結果および考察

X 線および低 LET 炭素線では、照射後の酸素環境による ATP 量の差は認められなかった。一方、高 LET 重粒子線では、H-O における ATP 量が H-H よりも有意に高く、照射後の酸素環境の影響が認められた。さらに、X 線および低 LET 炭素線では線量増加に伴う ATP 量の変化は見られなかったが、H-O における高 LET 炭素線、アルゴン線、鉄線では線量依存的な ATP 量の増加が見られた。さらに、本研究で使用した高 LET 重粒子線の中でも最も LET の高い鉄線のみ、H-H においても線量依存的な ATP 量の増加が観察された。この線量依存的な ATP 量の増加は、LET が高いほど顕著に現れた。この LET に応じた ATP 動態の違いは、DNA 損傷の複雑さに起因している可能性がある。X 線など低 LET 放射線は比較的単純な損傷が多い一方で、高 LET 重粒子線では複雑な損傷が増えるため、これが照射後の細胞内 ATP 量に反映されていることが考えられる。

4. 結論

X 線および低 LET 炭素線では照射後の酸素環境による細胞内 ATP 量への影響は認められなかった。一方、高 LET 重粒子線では照射後の酸素環境の影響が観察され、これは LET が高くなるほど顕著であった。以上より、照射後の酸素環境が細胞内 ATP 量に与える影響は、LET 依存的であることが明らかとなった。

^{*1} Graduate School of Toho University

^{*2} National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

炭素線超高線量率照射による腫瘍細胞と腫瘍組織における生物学的効果の解析

Investigation of the Biological Effects of Ultra-High Dose Rate Carbon-Ion Irradiation on Tumor Cells and Tumor Tissues

群馬大学重粒子線医学研究センター^{*1}, 群馬大学医学部医学科^{*2}, 群馬大学医学系研究科腫瘍放射線学^{*3}

○須田 裕夢^{*1,2}, 吉田 由香里^{*1}, 高橋 昭久^{*1}, 大野 達也^{*1,3}

(SUDA, Hiromu^{*1,2}; YOSHIDA, Yukari^{*1}; TAKAHASHI, Akihisa^{*1}; OHNO, Tatsuya^{*1,3})

1. はじめに

我々は、炭素線超高線量率照射 (C-uHDR) による正常組織障害の軽減を報告してきた (Yoshida, Y., et al. 2025, Cao, W., et al. 2025). C-uHDR を臨床応用するためには、腫瘍に対する生物学的効果を検討する必要がある。大阪大学との共同研究において、ヒト唾液腺がん細胞株 HSGc-C5 に 50 keV/μm の炭素線を照射したところ、炭素線通常線量率 (C-Conv) に比べて C-uHDR で細胞生存率が有意に上昇した (Tsubouchi, K., et al. 2026). 一方で、*in vivo* 実験については、腫瘍移植マウスにおいて照射後の腫瘍増殖が C-Conv よりもむしろ C-uHDR で抑えられたとの結果が報告されている (Tinganelli, W., et al. 2022, 2024). この 2 つの結果から C-uHDR の生物学的効果は実験の条件で異なる可能性があるが、その機序はわかっていない。本研究では、*in vitro* 実験系と *in vivo* 実験系で横断的に生物学的効果を解析し、メカニズムを検討するため、マウス骨肉腫細胞株 LM8 を用いて *in vitro* 実験と *in vivo* 実験の両方を実施した。

2. 方法

in vitro 実験では、LM8 に 13 または 50 keV/μm のスキャニング・モノビームを 7 Gy 照射し、コロニーアッセイで細胞生存率を測定した。C-Conv は 0.1 Gy/s, C-uHDR は 100 Gy/s で実施した。*in vivo* 実験では、LM8 を C3H/He マウス (オス, 7-8 週齢) の右大腿に皮下移植し、10 日後に SOBP10 mm のスキャニング・ビームで 10 Gy 照射した。C-Conv は 1 Gy/s, C-uHDR は 100 Gy/s で実施した。照射後 26 日まで腫瘍サイズを測定し、照射 1 日後を基準とした腫瘍体積の推移を算出した。一部のマウスは照射後 10 日に腫瘍を摘出し、凍結切片を作製した。凍結切片に対して CD3, CD8 抗体を用いて蛍光免疫染色を行い、400 倍視野あたりの腫瘍内 CD3, CD8 陽性細胞数をそれぞれカウントした。

3. 結果および考察

in vitro 実験では、13 および 50 keV/μm の両 LET 条件における細胞生存率は、C-Conv に対して C-uHDR の方が有意に高値を示した。一方、*in vivo* 実験では、照射 1 日後を基準とした腫瘍体積は、非照射 (Non-IR) と比較して C-Conv と C-uHDR で有意に低下した。C-Conv と C-uHDR の間に有意差は認められず、*in vitro* 実験の結果と異なり、同等の抗腫瘍効果を示した。また、照射 10 日後の腫瘍切片において、400 倍視野あたりの CD3 および CD8 陽性細胞数は、Non-IR と比較して C-Conv および C-uHDR で有意に増加した。さらに、これらの陽性細胞数は C-Conv と比較して C-uHDR で有意に高値を示し、C-uHDR では腫瘍内への免疫細胞浸潤がより強く誘導されている可能性が示唆された。

4. 結論

同一細胞株を用いた検討により、C-uHDR は *in vitro* 実験系と *in vivo* 実験系で異なる生物学的効果を示した。さらに、その差異には免疫機構が関与している可能性が示唆された。

^{*1} Division of Biology, Gunma University Heavy Ion Medical Research Center

^{*2} School of Medicine, Faculty of Medicine, Gunma University

^{*3} Department of Radiation Oncology, Gunma University Graduate School of Medicine

オーロラ帯において磁場誘導プラズマが形成する環境構造

— 生命と細胞のはじまりに関する仮説 —

Polar Auroral Belts (including the Cusp Region) as Prebiotic Hotspots:

A Magnetically Guided Plasma Hypothesis for the Origin of Life and Protocells

京都大学複合原子力科学研究所放射線管理学研究分野^{*1}○加藤 信哉^{*1}(KATO, Shinya^{*1})

1. はじめに

生命の起源に関する研究では、紫外線や雷、火山活動などのエネルギー源に注目した議論が主流であった。しかし、生成された分子がどのような環境のもとで蓄積・選択され、構造化されるかという「環境構造」の視点は十分に検討されていない。太陽プラズマの荷電粒子は地磁気によって極域に集束し、特定領域において反復的かつ局所的にエネルギーを供給する(天然のイオンビーム反応炉)。この粒子降下は、空間的に集中した非平衡反応場を形成する。一方で、「氷-水界面」は溶質の濃縮、分解抑制、反応場の微細構造化を通じて、分子の保持および選択に寄与する。これらの環境が組み合わさることで、反応生成物が拡散・消失する前に繰り返しエネルギー入力を受ける「持続的反応場」が形成され、分子の蓄積および選択的組織化が進行する可能性がある。

2. 方法

本研究では、「氷-水界面」における核酸塩基の挙動に着目し、RNA 構成塩基であるグアニンおよびシトシンの Na^+/K^+ 溶液に対して凍結-融解サイクルを適用し、吸収スペクトルにより分子間相互作用の変化を評価した。

3. 結果および考察

凍結-融解サイクルにより、グアニンはハイポクロミシティを示し、スタッキングおよび水素結合に基づく分子間相互作用の増大、すなわち自己組織化の進行が確認された。一方で、シトシンは同条件下で顕著な変化を示さず、主として単量体として存在した。この差異は、量子化学計算により示されるグアニン集合体(特に K^+ 安定化四量体)の高い安定性と整合的であり、環境中における分子選択性の物理化学的基盤を支持する。また、氷環境では溶質の濃縮およびラジカル拡散の制限により、反応の局所化と分解抑制が同時に成立する。このような条件は、分子の断片化・再結合・修飾を通じた多様性の創出と選択を可能にし、ネットワーク的な分子進化を促進する。さらに、凍結-融解過程は脂質小胞形成を誘起し、RNA 様分子の包埋を通じて原始的プロトセル形成へと接続する可能性がある。

4. 結論

極域オーロラ帯における粒子線照射と氷-水界面の組み合わせは、分子の生成・保持・選択・組織化を統合的に促進する環境構造として機能し得る。本研究は、生命起源を個別のエネルギー源ではなく、環境全体の構造として捉える枠組みを提示するものであり、分子進化からプロトセル形成に至る過程を一貫して説明し得る可能性を示した。このことは、生命が「氷-水界面」で始まり、その後海洋へと展開した可能性を示唆するものである(生命は極域の氷-水界面で始まり、海で育った。熱水鉱床は分解者の始まり。LUCA は収束点)。さらに、本枠組みは地球に限らず、磁場と氷環境を有する惑星・衛星における生命可能性の評価にも適用可能である。

¹ Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University

DNA 二重鎖切断を指標とする低濃度トリチウム水への持続曝露による細胞影響解析
 Detection of DNA double-strand breaks under continuous exposure to low
 concentration of tritiated water

東北大・災害研^{*1}, 東北大・院・医・放射線環境生体医学^{*2}, 福島国際研究教育機構・地域環境共創^{*3}
 東北大・院・理・放射化学^{*4}, 広島大・原医研・分子発がん制御^{*5}, 東北大・院・医・放射線検査^{*6}

○和泉 哉汰^{*1}、佐藤 拓^{*1}、Jiaxin Li^{*2,3}、本宮 響太郎^{*1}、山下 琢磨^{*4}、木野 康志^{*4}、
 福本 学^{*1}、笹谷 めぐみ^{*5}、鈴木 正敏^{*1,2,3,6}、千田 浩一^{*1,6}
 (○IZUMI, Kanata^{*1}; SATO, Taku^{*1}; LI, Jiaxin^{*2,3}; MOTOMIYA, Kyotaro^{*1};
 YAMASHITA, Takuma^{*4}; KINO, Yasushi^{*4}; FUKUMOTO, Manabu^{*1};
 SASATANI, Megumi^{*5}; SUZUKI, Masatoshi^{*1,2,3,6}; CHIDA, Koichi^{*1,6})

1. はじめに

平時、および多核種除去設備 (ALPS) 処理水の海洋放出後に測定される環境中のトリチウム濃度と比べて、数万倍から数億倍高い濃度で生物影響研究が行われてきた。高濃度トリチウムの知見から低濃度トリチウム影響を外挿推定し、その推定結果の正確性を検証するために、低濃度トリチウム持続処理による生物応答性の知見を整備する必要がある。本研究は、低線量・低線量率被ばく研究で実証されてきた DNA 二重鎖切断 (DSBs) の高感度検出系を用いて、低濃度トリチウム持続処理に対する DSBs の誘発と修復に関する細胞応答性を検討した。

2. 方法

トリチウム水 (HTO) を添加した培地で、対数増殖期にあるヒト正常上皮細胞 hTERT-RPE1 を最大 60 日間培養した。リン酸化 H2AX と 53BP1 を蛍光免疫染色で特異的に可視化し、細胞核内で両タンパク質の局在が一致する点状シグナル (フォーカス) を DSBs として検出し、その数と大きさを解析した。

3. 結果および考察

告示濃度限度 60 Bq/mL から 6,000 Bq/mL までの濃度範囲で検討すると、60 日後に解析した 1 細胞中の平均フォーカス数 (fpc) が処理濃度に依存して軽度上昇した。HTO 処理 30 日後に HTO 不含培地に切り替えると処理前と同等レベルまで fpc が減少し、HTO 誘発 DSBs は修復可能であることが示された。60 Bq/mL 処理時に fpc が有意に増加し始めるまでに 50 日を要したが、この期間は濃度依存的に短縮した。処理濃度と処理時間から評価した線量率と線量に線形相関が示された結果より、HTO 濃度を測定することで DSBs が有意に増加し始めるまでの処理期間を推定できる可能性が示唆された。次に、同じ線量率で誘発されるフォーカス数を HTO と γ 線と比較すると、処理開始 48 時間まで fpc はほぼ一致した変化を示した。ただ、 γ 線照射時のフォーカスが処理時間に伴って巨大化したことに対し、HTO 処理では小さいサイズで検出され続けた。急性被ばく直後に検出される全てのフォーカスはサイズが小さく、照射後の時間経過に伴って消失する一方、残り続けるフォーカスは巨大化した。

4. 結論

低濃度 HTO 持続処理に対する DSBs の誘発と修復に関する応答性を示した。フォーカスの数的解析とサイズを指標とする質的解析の結果、低濃度 HTO の持続処理で誘発される DSBs は同じ線量率の γ 線照射で誘発される DSBs と比べて修復しやすく、致死性が低い可能性がある。

^{*1} IRIDeS, Tohoku Univ. ^{*2} Env. Radiat. Biomed., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ.

^{*3} RECC, F-REI ^{*4} Radiochem., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ. ^{*5} RIRBM, Hiroshima Univ.

^{*6} Crs. Radiol. Technol., Grad. Sch. Med., Tohoku Univ.

Exhibition

🎫 Wed. Jul 8, 2026 10:00 AM - 5:00 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 1:00 AM - 8:00 AM UTC | 🏢 D(Conference Room Mercury, Mars, Venus)

ポスター発表・機器展示

[Poster Presentation](#)

10:00 AM - 12:00 PM JST | 1:00 AM - 3:00 AM UTC

ポスター発表・機器展示

12:00 PM - 2:00 PM JST | 3:00 AM - 5:00 AM UTC

ポスター発表・機器展示

2:00 PM - 4:00 PM JST | 5:00 AM - 7:00 AM UTC

ポスター発表・機器展示

4:00 PM - 5:00 PM JST | 7:00 AM - 8:00 AM UTC

ポスター発表・機器展示

Poster Presentation

📅 Wed. Jul 8, 2026 9:00 AM - 3:00 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 12:00 AM - 6:00 AM UTC | 🏠
 poster(Conference Room Mercury, Mars, Venus)
ポスター発表

[1P_E01] Incidents Related to Brachytherapy in the United States over the last 10 years

○Koji Honjo¹, Hitoshi Ikushima^{2,3}, Hiromichi Ishiyama^{2,4}, Hiroji Uemura^{2,5}, Takashi Uno^{2,6}, Hiroshi Onishi^{2,7}, Takefumi Satoh^{2,4}, Keiichi Jingu^{2,8}, Takahumi Toita^{2,9}, Katsumasa Nakamura^{2,10}, Takashi Hanada^{2,11}, Takashi Fukagai^{2,12}, Naoya Murakami^{2,13}, Tetsuo Momma^{2,14}, Yasuo Yoshioka^{2,15}, Ryoichi Yoshimura^{2,16}, Atsunori Yorozu^{2,14}, Naoyuki Shigematsu^{2,17} (1. Japan Radioisotope Association, 2. Subcommittee on Radiation Therapy, Medical Science and Pharmaceutical Committee, 3. Graduate School of Biomedical Sciences, Tokushima University, 4. School of Medicine Faculty of Medicine, Kitasato University, 5. Yokohama City University Medical Center, 6. Graduate School of Medicine, Chiba University, 7. Faculty of Medicine, University of Yamanashi, 8. Graduate School of Medicine, Tohoku University, 9. Okinawa Prefectural Chubu Hospital, 10. Hamamatsu University School of Medicine, 11. School of Medicine, Keio University, 12. School of Medicine, Showa Medical University, 13. Graduate School of Medicine, Juntendo University, 14. Tokyo Medical Center, 15. Japanese Foundation for Cancer Research, 16. Graduate School of Medical and Dental Sciences Medical and Dental Sciences, Institute of Science Tokyo, 17. Saitama Medical Center)

[1P_E02] Inter-annual Reproducibility of Qualitative Changes in Students' Perceptions and Understanding through Radiation Education in Undergraduate Courses

○Masahiro Hirota¹, Makoto Kita², Takuya Saze³, Yuichi Tsunoyama⁴ (1. Shinshu Univ., 2. Tottori Univ., 3. NIFS, 4. Kyoto Univ.)

[1P_E03] Acquisition of X-ray Transmission Images of Dried Sardines Using Exempt Sealed Sources and a Compact IP Reader for Radiation Education

○Atsushi Hirose¹ (1. Hoshi University)

[1P_E04] The linewidth of ESR spectra of alanine dosimeter dependence on photon energy

○Seiko Nakagawa¹, Kaiji Uchida¹, Maki Ohara², Akinari Yokoya², Noriko Usami³ (1. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, 2. National Institute for Quantum Science and Technology, 3. High Energy Accelerator Research Organization)

[1P_E05] Investigation of technical information on melting clearance

○Yoshinori Furuta¹, Taiki Yoshii¹, Shunya Nakasone¹, Kengo Shibuya¹, Hirotaka Sakai¹ (1. Nuclear Regulation Authority)

[1P_E06] Application of a Safe and Easy Educational Method for Measuring Natural Radiation from Radon:

A Preliminary Survey of Groundwater Radon Concentrations in the Tama and West-Central Kanagawa Area

○Kazuko Onishi¹ (1. Tokyo Gakugei Univ.)

♥ Poster Award candidate

[2P_E01] Development of novel adsorbent for the effective removal of cesium from aqueous solution

○Jigen Yamada¹, Souta Nakaya², Naoto Miyamoto³, Naoki Kano³ (1. Graduate school of natural science, Niigata University, 2. Graduate school of science and technology, Niigata University, 3. Faculty of Engineering, Niigata University)

♥ Poster Award candidate

[2P_E02] Evaluation of radioresistance and intracellular uptake after irradiation in the hypoxia-sensing phosphorescent probe BTPDM1

○Hina Miyazaki^{1,2}, Yukari Yoshida¹, Toshitada Yoshihara³, Akihisa Takahashi¹ (1. Division of Biology, Gunma University Heavy Ion Medical Center, 2. Interfaculty Initiative in Regulatory Science of Biomedical Science and Engineering, 3. Department of Chemistry, Graduate School of Science and Technology, Gunma University)

◆ Poster Award candidate

[2P_E03] Advanced Development of a Recovery Process for Medical Y-90 from High-Level Radioactive Waste

○Kaname Saga¹, TOMOHIRO KAWASAKI¹, Sho Ishii¹, Yasutoshi Ban¹ (1. Japan Atomic Energy Agency, Nuclear Science Research Institute)

◆ Poster Award candidate

[2P_E04] Developement of measurement technique for α , β and γ rays using Nuclear Emulsinos and its medical applications

○Leona Suzui¹, Tsutomu Fukuda¹, Shogo Nagahara¹, Sohichi Takeshita¹, Tsukasa Nishikiori¹, Sakura Shimizu¹, Akihiro Minamino², Toshiyuki Toshito³ (1. Nagoya Univ., 2. Yokohama National Univ., 3. Nagoya Proton Therapy Center)

◆ Poster Award candidate

[2P_E05] The role of organic anion transporting polypeptide 4A1 (OATP4A1) in gastrointestinal drug absorption

○Mizuki Takahashi¹, Konami Kato¹, Kaori Morimoto¹, Makoto Ishii¹, Mikio Tomita¹ (1. Tohoku Med Pharm Univ)

◆ Poster Award candidate

[2P_E06] Proposal of radiation education on the medical use for junior and senior high school students

○Shuheii Sakai¹, Shotaro Funyu¹, Koki Furubayashi¹, Yoshiko Sato², Hideki Fujino¹ (1. HMU, 2. Wakayama Shin-ai)

◆ Poster Award candidate

[2P_E07] Proposal for pharmaceutical quality testing using radiation measurement

○Megumi Matsumoto¹, Shuheii Sakai¹, Hideki Fujino¹ (1. HMU)

◆ Poster Award candidate

[2P_E08] Using Radioactivity Ratios to Identify Sources and Transport of Coastal Radionuclides off Fukushima

○Nimish Sudhir Godse¹, Daisuke Tsumune¹, Hiroaki Kato¹, Yuichi Onda¹, Shigeyoshi Ootosaka² (1. University of Tsukuba, 2. The University of Tokyo)

◆ Poster Award candidate

[2P_E09] Development of a simple and efficient photo-analytical method for short range radiation by combining various interactions

○Kento Kannaka¹, Nobuki Kazuta¹, Hiroyuki Suzuki¹, Tomoya Uehara¹ (1. Grad. Sch. Pharm. Sci., Chiba Univ.)

◆ Poster Award candidate

[2P_E10] Concentrations of ¹³⁷Cs and carbon and nitrogen stable isotope ratio in ground-dwelling insects

○Ayumu Horiuchi¹, Fuki Kamo¹, Fumiaki Takakai², Takashi Sato², Sota Tanaka² (1. APU Graduate School , 2. Akita Prefectural Univ.)

◆ Poster Award candidate

[2P_E11] Impact of a carrier dose on the in vivo biodistribution of a PD-L1–targeting imaging probe

○Yuzu Kawamura¹, Hiroyuki Suzuki², Nobuki Kazuta², Kento Kannaka², Tomoya Uehara² (1. Faculty of Pharmaceutical Sciences, Chiba University , 2. Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Chiba University)

◆ Poster Award candidate

[2P_E12] Potential of Generative AI as a Study Partner for the Radiation Protection Supervisor Examination

○Yuki Yoshiba¹, Yui Horikoshi¹, Takahiro Mikamoto¹ (1. Japan Radioisotope Association)

◆ Poster Award candidate

[2P_E13] Gamma-Ray Intensity Enhancement by Optimization of a High-Power Laser Optical System

○Keita Fujimoto¹, Toshiya Sanami³, Satoshi Hashimoto² (1. University of Hyogo, 2. Laboratory of Advanced Science and Technology for Industry, University of Hyogo, 3. High Energy Accelerator Research Organization)

米国における近年 10 年の小線源治療に関する事故事例について Incidents Related to Brachytherapy in the United States over the last 10 years

日本アイソトープ協会^{*1}, 医学・薬学会放射線治療専門委員会^{*2}, 徳島大学大学院医歯薬学研究部^{*3},
北里大学医学部^{*4}, 横浜市立大学附属市民総合医療センター^{*5}, 千葉大学大学院医学研究院^{*6},
山梨大学医学部^{*7}, 東北大学大学院医学系研究科^{*8}, 沖縄県立中部病院^{*9}, 浜松医科大学^{*10},
慶應義塾大学医学部^{*11}, 昭和医科大学医学部^{*12}, 順天堂大学医学部^{*13}, 東京医療センター^{*14},
がん研有明病院^{*15}, 東京科学大学大学院医歯学総合研究科^{*16}, 埼玉メディカルセンター^{*17}
○本庄 浩司^{*1}, 生島 仁史^{*2,3}, 石山 博條^{*2,4}, 上村 博司^{*2,5}, 宇野 隆^{*2,6}, 大西 洋^{*2,7}, 佐藤 威文^{*2,4},
神宮 啓一^{*2,8}, 戸板 孝文^{*2,9}, 中村 和正^{*2,10}, 花田 剛士^{*2,11}, 深貝 隆志^{*2,12}, 村上 直也^{*2,13}, 門間 哲雄^{*2,14},
吉岡 靖生^{*2,15}, 吉村 亮一^{*2,16}, 萬 篤憲^{*2,14}, 茂松 直之^{*2,17}
(HONJO, Koji^{*1}; IKUSHIMA, Hitoshi^{*2,3}; ISHIYAMA, Hiromichi^{*2,4}; UEMUERA, Hiroji^{*2,5}; UNO, Takashi^{*2,6};
ONISHI, Hiroshi^{*2,7}; SATOH, Takefumi^{*2,4}; JINGU, Keiichi^{*2,8}; TOITA, Takahumi^{*2,9}; NAKAMURA, Katsumasa^{*2,10};
HANADA, Takashi^{*2,11}; FUKAGAI, Takashi^{*2,12}; MURAKAMI, Naoya^{*2,13}; MOMMA, Tetsuo^{*2,14};
YOSHIOKA, Yasuo^{*2,15}; YOSHIMURA, Ryoichi^{*2,16}; YOROZU, Atsunori^{*2,14}; SHIGEMATSU, Naoyuki^{*2,17})

1. はじめに

小線源治療の件数は増加傾向でその安全管理・対策の重要性は増していると言えるが、本邦における小線源治療に関する事故調査は少なく、近年の報告は限られている。米国には日本の約 3 倍の小線源治療実施施設があり、より多くの治療が行われていると考えられる。また米国 NRC は近年、医療事故事例の分析とその結果の公開を積極的に進めている。そこで本調査では、本邦の小線源治療の安全対策に資するため、米国の近年 10 年で発生した小線源治療に関する事故事例を集めその傾向等を調べた。

2. 方法

米国 NRC が報告対象とする Medical Event (ME) とより深刻な Abnormal Occurrence (AO) について、近年 10 年の小線源治療に関する事例を調査対象とした。NRC ACMUI の会議資料から、過去 10 年(会計年度: FY2014-2023)の ME の傾向と概要等を調べた。AO については NUREG-0090 報告書から直近 10 年(FY2015-2024)の小線源治療に関する事例を調べた。

3. 結果および考察

近年の米国での ME 報告件数は増加傾向が見られたが、小線源治療に関する報告件数は減少傾向であった。LDR 小線源治療と HDR-RALS 治療ともにヒューマンエラーを主な原因とする事例が多かった。

4. 結論

米国 NRC の ACMUI の会議資料等から米国内で発生している医療事故の発生状況の傾向を把握することができる。米国は我が国とは異なる治療や医療体制であるが、本邦の医療安全に有用な内容の情報が公開されている。

^{*1} Japan Radioisotope Association

^{*2} Subcommittee on Radiation Therapy, Medical Science and Pharmaceutical Committee

^{*3} Graduate School of Biomedical Sciences, Tokushima University

^{*4} Faculty of Medicine, Kitasato University

^{*5} Yokohama City University Medical Center

^{*6} Graduate School of Medicine, Chiba University

^{*7} Faculty of Medicine, University of Yamanashi

^{*8} Graduate School of Medicine, Tohoku University

^{*9} Okinawa Prefectural Chubu Hospital

^{*10} Hamamatsu University School of Medicine

^{*11} School of Medicine, Keio University

^{*12} School of Medicine, SHOWA Medical University

^{*13} Graduate School of Medicine, Juntendo University

^{*14} Tokyo Medical Center

^{*15} Japanese Foundation for Cancer Research

^{*16} Graduate School of Medical and Dental Sciences, Institute of Science Tokyo

^{*17} Saitama Medical Center

大学共通教育における放射線教育の年度間比較：
学生のイメージ・認識の質的变化に着目した再現性の検証

Year-to-Year Comparison of Radiation Education in University General Education: Verification of
Reproducibility in Qualitative Changes in Student Perceptions

信州大学基盤研究支援センター^{*1}，鳥取大学研究推進機構研究基盤センター^{*2}，
核融合科学研究所安全衛生推進センター^{*3}，京都大学環境安全保健機構^{*4}

○廣田 昌大^{*1}，北 実^{*2}，佐瀬 卓也^{*3}，角山 雄一^{*4}
(HIROTA, Masahiro^{*1}; KITA, Makoto^{*2}; SAZE Takuya^{*3}; TSUNOYAMA Yuichi^{*4})

1. はじめに

著者らはこれまで、大学共通教育における放射線教育が学生の知識定着や極端な認識の解消、中立的な視点の育成に有効であることを報告してきた。特に、90分×15回の講義を通じた多角的なアプローチが、知識と感情の乖離（knowledge-emotion gap）を埋め、健全なリスクコミュニケーション能力の育成に寄与することを学術的に明らかにしている（RADIOISOTOPES, 75, 33-43 (2026)）。本研究では、これらの教育効果が年度を跨いで安定的に得られるかという「再現性」を検証するため、信州大学における2024年度および2025年度の受講生を対象とした比較分析を行った。

2. 方法

信州大学「私たちと放射線」の受講生を対象に、初回（事前）と最終回（事後）のアンケート調査（放射線イメージ・身体影響の自由記述、正誤式知識問題）を実施した。自由記述データについては、AIテキストマイニングを用いた感情・語彙分析を行い、前年度の結果と対比することで認識変容の再現性を客観的に評価した。なお、調査に際しては、回答の有無が成績評価に影響しないことや学術利用への同意について事前に説明し、十分な倫理的配慮の下で実施した。

3. 結果および考察

分析の結果、両年度の教育効果に高い再現性が確認された。放射線イメージは、受講前はネガティブ感情が優勢（2024年54%、2025年43.8%）であったが、受講後は約3割（同33%、26.3%）まで減少し、中立的視点が約7割に達する変容パターンが完全に再現された。身体影響の認識も同様に、受講前は「放射能残留」や「遺伝」等の不安からネガティブ回答が半数を超えていたが（2024年54%、2025年53.6%）、受講後は線量とリスクの関係を冷静に評価する論理的記述へ変容し、ネガティブ回答は約3割へと大幅に減少（同33%、32.1%）、中立的視点も約7割へと収束した。知識面では、年度により既有知識に差が見られたが、受講後は等しく高い水準へ到達した。例えば「人体内の放射性物質」の正答率は、受講前に15ポイント以上の開きがあったが（2024年36%、2025年52.8%）、受講後は約75%で一致した。レントゲン後の放射能残留といった典型的な誤解も、受講後の誤答率は約1割まで減少しており、初期知識の多寡によらず安定した教育効果が得られることが実証された。

4. 結論

信州大学における2カ年のデータ比較により、本取り組みが放射線への恐怖心を科学的理解へと導く高い再現性を有することが実証された。今後は本知見に基づき、2025年度に同様の調査を行った鳥取大学との大学間比較を行い、地域や学生背景によらない教育効果の普遍性を検証・報告する予定である。

^{*1} Research Center for Advanced Science and Technology, Shinshu University

^{*2} Organization for Research Initiative and Promotion, Tottori University

^{*3} Safety and Health Promotion Center, National Institute for Fusion Science

^{*4} Agency for Health, Safety and Environment, Kyoto University

下限数量以下密封線源と小型 IP リーダーを用いた
ニボシ X 線透過像の取得と放射線教育への応用

Acquisition of X-ray Transmission Images of Dried Sardines Using Exempt Sealed
Sources and a Compact IP Reader for Radiation Education

星薬科大学 基礎実習研究部門^{*1}

○廣瀬 農^{*1}

(HIROSE, Atsushi ^{*1})

1. はじめに

X 線透過像撮影は、放射線教育において放射線の特性と有用性への理解を促す有効な手法である。このため、教材として X 線撮影を活用する試みは過去にも報告されているが、その多くは放射線発生装置を用いることから管理区域の設定や法令対応、安全評価が必要となり、学校等の教育現場における実施には大きな制約があった。そこで本研究では、教材貸出しや出前授業での利用実績がある下限数量以下の密封線源に小型 IP リーダーを組み合わせ、管理区域を必要としない X 線透過像取得法の確立および放射線教育への応用を試みた。

2. 方法

被写体として、骨格構造や臓器の観察が可能であり、入手性が良く、数日間露光しても変質の心配が無い「ニボシ」を選択した。線源には国内で入手性が良く、主要な光子線のエネルギーが異なる ^{55}Fe 、 ^{109}Cd 、 ^{133}Ba を用い、画質を比較検討した。撮像系は、遮光・遮へい・線源保持具を兼ねたステンレスボウルの中央に線源を固定し、遮光バッグに封入してニボシを載せた IP に、上から被せる構成とした。

3. 結果および考察

数日間の露光処理後に小型 IP リーダーで現像し、得られた画像を比較したところ、 ^{109}Cd を線源とした系で最も良好なコントラストが得られた。本系では耳石、骨等の実効原子番号の高い組織に加え、腹部臓器や水晶体も明瞭に描出された (Fig. 1)。

薬学部 5・6 年生を対象とした放射線に関する集中講義の中で、管理区域ではない一般教室で IP の読み出しを実演し、取得したニボシ画像を題材として X 線撮影について解説した。その結果、受講者約 50 名中 7 名のリフレクションペーパーに、本教材を通じて原子番号や密度の違いが X 線の透過・吸収に影響することへの理解が深まったとの記述が認められ、本手法の教育的有用性が示唆された。

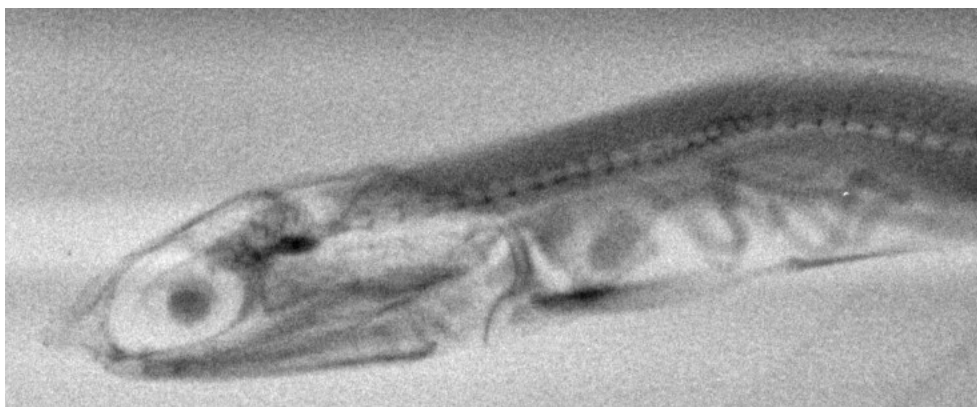


Fig. 1 ^{109}Cd 密封線源を用いて撮像したニボシの透過像

^{*1} Research Center for Fundamental Practice, Hoshi University

アラニン線量計の ESR 信号線幅に対する光子エネルギー依存 The linewidth of ESR spectra of alanine dosimeter dependence on photon energy

都産技研^{*1}, 量研機構^{*2}, 高エネ研^{*3}

○中川 清子^{*1}, 内田 海路^{*1}, 大原 麻希^{*2}, 横谷 明德^{*2}, 宇佐美 徳子^{*3}

(NAKAGAWA, Seiko^{*1}; UCHIDA, Kaiji^{*1}; OHARA, Maki^{*2}; YOKOYA, Akinari^{*2}; USAMI, Noriko^{*3})

1. はじめに

軟 X 線照射に対するアラニン線量計の応答性はガンマ線照射に比べて低く、ラジカルが高密度に生成することが原因と考えられる。ラジカル濃度の増加は、スピン・スピン緩和時間が短くなることで確認できた。スピン・スピン緩和時間の減少は、ESR スペクトルの線幅の広がりとして現れ、照射する光子のエネルギーにより、ESR スペクトルの線幅が変化すると予想される。一方、アラニンは、3 種のラジカルが生成することが知られており、マイクロ波強度によるサチレーションや昇温による消失速度が、それぞれのラジカルで異なる。これらを利用して、線幅の変化を検討することとした。

2. 方法

アラニンは、Far West Technology 社製のペレット状線量計を粉末にしたものを使用した。軟 X 線 (2, 3, 4, 5, 7-keV) 照射は、高エネ研 PF の BL-27A および BL-27B で実施した。また、都産技研所有の Cs-照射装置でガンマ線照射した。照射後、2mm φ の ESR 試料管に脱気封印し下記の測定・解析を行った。

1. X バンドで、マイクロ波強度を 1~40mW で ESR 測定し、中心部の強度比の変化を調べる。
2. Q バンドで、マイクロ波強度を 1~25mW で ESR 測定し、ラジカルを分離し、低磁場領域での線幅（ピークの傾き）を調べる。
3. 200℃で 40 分保持後、残ったラジカルを室温で X バンド ESR 測定し、低磁場領域での線幅（ピークの傾き）を調べる。

3. 結果および考察

X バンドでのマイクロ波強度依存は、2-keV の X 線照射で有意な違いが認められたが、3-keV 以上の X 線ではガンマ線照射とほぼ同じであった。

一方、Q バンドでは、低磁場領域でのラジカル分離が明確に表れ、マイクロ波強度:10mW で照射 X 線エネルギーの低下に伴いピークの傾きが小さくなり、線幅がブロードになっていることがわかった。また、昇温によるラジカル分離では、X バンド測定でも、照射 X 線エネルギーの低下に伴いピークの傾きが小さくなる傾向が確認できた。

4. 結論

Q バンド測定や昇温によるラジカル分離を利用することで、アラニンラジカル線幅の評価することが可能になった。また、照射 X 線エネルギーの低下に伴いピークの傾きが小さくなり、線幅がブロードになっていることがわかった。

参考文献：

- 1) S. Nakagawa et al., *Radiat. Phys. Chem.*, 214, 111304 (2024).
- 2) A. I. Ivannikov et al., *Radiat. Meas.*, 140, 106467 (2021).

^{*1} Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute

^{*2} National Institutes for Quantum Science and Technology

^{*3} High Energy Accelerator Research Organization

溶融クリアランスに関する技術的知見の調査 Investigation of technical information on melting clearance

原子力規制庁^{*1}

○古田 美憲^{*1}, 吉居 大樹^{*1}, 仲宗根 峻也^{*1}, 澁谷 憲悟^{*1}, 酒井 宏隆^{*1}
(FURUTA, Yoshinori^{*1}; YOSHII, Taiki^{*1}; NAKASONE, Shunya^{*1};
SHIBUYA, Kengo^{*1}; SAKAI, Hirotaka^{*1})

1. はじめに

原子力施設の廃止措置が実施されている昨今の情勢において、放射性物質により汚染された廃棄物の管理及び再資源化は、廃棄物の減容処理及び資源循環の推進の観点から事業者において検討が進められている。一例として、福井県原子力リサイクルビジネス準備株式会社は、原子力発電所の解体廃棄物を集中処理する事業の検討を始めている。当該事業では、原子力発電所で使用した金属を専用の溶融施設で溶融し、インゴット化してから放射能濃度を評価する手法が計画されている。本研究では、金属を溶融処理した後に原子力施設で用いた資材等に含まれる放射性物質について国が定める基準以下であることの確認を受ける制度を適用する手続き（以下「溶融クリアランス」という。）についての国外の事例、特にドイツ、スウェーデン及び米国における金属溶融に関する事例の調査並びに一般的な高周波誘導炉の性能に関する調査を行い、今後の行政判断に必要と考えられる技術的知見を整理した結果を報告する。

なお、ドイツ及びスウェーデンはクリアランス制度が積極的に活用されていること、米国はクリアランス制度がないが放射性物質で汚染された金属を溶融処理して処分又は再利用する事業が実施されていることから、調査対象国として選定した。

2. 方法

スウェーデン、ドイツ及び米国における溶融クリアランス又は汚染金属の溶融処理事例について、公開資料、聞き取り及び現地訪問を基に①意図的な混合・希釈の防止の考え方、②溶融後におけるサンプリングによる放射能濃度評価、③溶融による核種移行効果及び均一化効果について調査した。また、金属の溶融処理において一般的に使用されている高周波誘導炉について、当該装置の概要、性能及び使用実績について調査した。

3. 結果及び考察

スウェーデン及びドイツでは、溶融処理に際して汚染のない金属を混合する意図的な希釈は法令において明確に禁止されており、溶融炉への投入物は廃棄物受入れ基準（WAC）に基づき管理されている。また、高周波誘導炉を用いた溶融処理では、Co等は金属相に残留しやすい一方、Cs、Sr等はスラグ又はオフガス系へ移行し得ることが報告されている。誘導加熱の原理から、溶融金属に残留するCo等は電磁攪拌により全体的にほぼ均一になるが、その程度は溶融条件、炉の設計、運転条件等に依存する。したがって、溶融による核種移行及び均一化効果を前提としたサンプリングによる放射能濃度の評価を行う場合には、実証データに基づく説明が必要であると考えられる。

4. 結論

溶融クリアランスは、金属廃棄物の減容化及び再利用を促進する有効な手段となり得るが、意図的な混合・希釈の防止、溶融後におけるサンプリングによる放射能濃度評価並びに溶融による核種移行効果及び均一化効果について慎重な検討が必要である。今後、国内における制度運用に向けては、海外事例を踏まえつつ、溶融処理に関する条件及び放射能濃度評価の妥当性を確認していくことが重要である。

^{*1} Nuclear Regulation Authority

教育用簡易自然放射線測定による地下水ラドン濃度調査 —多摩・県央西地域での予備調査—

Application of a Safe and Easy Educational Method for Measuring Natural Radiation from Radon : A Preliminary Survey of Groundwater Radon Concentrations in the Tama and West-Central Kanagawa Area

東京学芸大学理科教員高度支援センター

○大西 和子

(ONISHI Kazuko)

1. はじめに

本研究では、日本各地で入手できる地下水に含まれるラドン (^{222}Rn) を放射線教育用教材として活用する可能性を検討した。ラドン (^{222}Rn) は活性炭に吸着されやすい性質があり (図 1), 筆者らは市販のタバコ用活性炭フィルター (Acti Tube) を用いて、地下水中の低濃度ラドンを安全・安価に捕集・測定する方法を開発している。今回は、多摩・神奈川西部地域の地下水を対象に予備測定を行い、この地域の地下水中のラドンの存在を確認した。

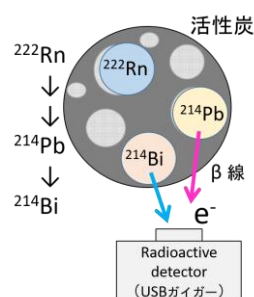


図1 ラドンと活性炭

2. 方法

実験装置 (図 2) および方法の概要を以下に示す。

- 1) 20 PET ボトルに試料水を入れ、振とうしてラドンを気相へ移行させる。
- 2) ふたを、活性炭フィルター (Acti Tube) を取り付けけたゴム栓に交換する。
- 3) ボトル内気相を活性炭へゆっくり通気し、ラドンを捕集する (計 8 L 処理)。
- 4) フィルター中の活性炭を取り出し、USB ガイガーカウンター (Strawberry Linux 社製) で測定する。



図2 実験装置

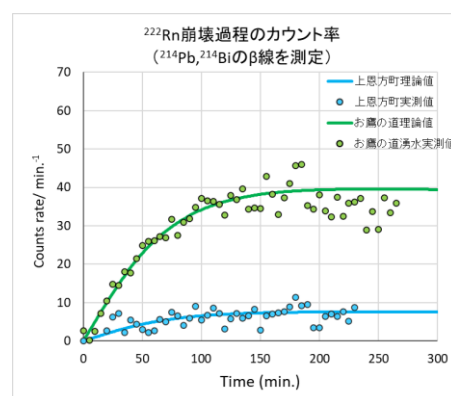
3. 結果および考察

多摩地域の国分寺市お鷹の道湧水群、八王子市上恩方町の地下水から、微量のラドンが確認された。お鷹の道湧水群 (図 3) のラドン濃度 (カウント率 cpm) は、2026 年 5 月現在も、既報^[1]の小金井市貫井神社と同程度であり、ラドンの子孫核種の減衰過程の観測に扱いやすい濃度であることが分かった。

4. 結論

多摩・神奈川西部地域の地下水 (2026 年 5 月) には、微量のラドンが含まれており、高校理数探究における自然放射線測定教材として現在も活用できる可能性が示された。他地域の測定結果も当日提示する。今回の測定地域では、地下水ラドン濃度の調査例がほとんどなく、また簡易な手法で未調査地域の測定も可能である点に意義がある。今後は、さらに地下水調査を進めるとともに、過去に測定が行われている地下水ラドン濃度の既存データとの比較・調査も含め、高校理数探究用教材への展開を検討したい。

(参考文献) [1] 大西和子, 魚野由希子, 鎌田正裕, 活性炭と地下水を利用した自然放射線を測定する安価で安全な教育用実験, 科学教育研究, 43, 4, 451-456, 2019



水溶液中からの効率的なセシウムの除去法の構築に向けた新規吸着剤の開発
Development of novel adsorbents for the research of an effective cesium removal
method from aqueous solutions

(新潟大・院総合学術*1, 新潟大・自然*2, 新潟大・工*3)

○山田 次元*1, 仲谷 蒼太*2, 宮本 直人*3, 狩野 直樹*3

(YAMADA, Jigen*1; NAKAYA, Sota*2; MIYAMOTO, Naoto*3; KANO, Naoki*3)

1. はじめに

原子力施設等から発生する放射性廃液の処理や、福島第一原子力発電所事故により発生した汚染土壌の減容化プロセスにおいて、半減期が長く生体影響の大きい放射性セシウム (^{137}Cs) および放射性ストロンチウム (^{90}Sr) の効率的な除去・回収が求められている。本研究では、これらの課題に対し 2 種類の新規複合吸着材を調製し、特に ^{137}Cs に重点を置いて、その吸着特性を検討した。一つ目は、セシウム選択性の高いゼオライトの微粉化を防ぎ回収性を向上させるため、アルギン酸をハイブリッドさせた「アルギン酸-ゼオライト複合材料 (Alg-ZL)」である。二つ目は、ストロンチウムに親和性を持つヒドロキシアパタイト (HAp) を担持体とし、セシウム選択性に優れたフェロシアン化銅 (CF) を表面修飾した「CF-HAp 複合材料」である。

2. 方法

第一に Alg-ZL の合成および評価を行った。アルギン酸ナトリウム水溶液に合成ゼオライト A 型を分散させ、塩化カルシウム水溶液中に滴下して球状ゲルを合成した。混合比や濃度条件を段階的に変化させ、吸着能と機械的強度から合成条件の最適化を行った。バッチ法による安定 Cs の吸着実験に加え、 ^{137}Cs を用いた吸着試験を実施した。第二に CF-HAp の合成および評価を行った。HAp を硝酸銅(II)のアセトン溶液に加え定着させた後、フェロシアン化カリウム溶液を反応させ、HAp 表面に混成塩 (CF) を生成させた。SEM, XRD 等により特性評価を行い、バッチ法を用いて安定 Cs に対する最適条件の決定、速度論モデルおよび吸着等温線の検討を行った。

3. 結果および考察

Alg-ZL について、XPS 等の分析により複合材料の合成を確認した。アルギン酸濃度や CaCl_2 濃度等の最適化（質量比 1:9, 2wt%アルギン酸, 0.3 M CaCl_2 ）により、高い吸着性能と機械的強度を両立した。速度論解析から吸着過程は擬一次および擬二次モデルに適合し、Langmuir モデルから算出された最大吸着量は 143 mg/g であった。Na, K, Mg, Ca 競合イオン共存下でも Cs 選択性が高く、 ^{137}Cs （初期濃度 1000 Bq/L）を用いた試験では、競合イオンなしで 95.3%, ^{137}Cs 初期濃度 1000 Bq/L に対して Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} 各 100ppm 添加した条件下で 79.4%の除去率を示した。CF-HAp について、XRD および FT-IR スペクトルより、HAp 表面にフェロシアン化物が修飾されたことが確認された。吸着実験の結果、Cs の吸着は擬二次モデルに高い相関を示し、化学吸着が支配的であることが示唆された。Langmuir モデルに基づく最大吸着容量は、702.77 mg/g であり、非常に高い吸着能を示した。また、Cs の 100 倍濃度の Na, K, Ca 共存イオン存在下においても Cs 除去率が 86.6%と高い値を示した。

4. 結論

Alg-ZL および CF-HAp の両複合材料は、セシウムに対して優れた吸着性能と選択性を示し、実用的かつ有望な吸着剤となり得ることが示唆された。

*1 Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Niigata University

*2 Graduate School of Science and Technology, Niigata University

*3 Faculty of Engineering, Niigata University

低酸素りん光プローブ BTPDM1 の放射線耐性と照射後の細胞内取り込み評価
Evaluation of radioresistance and intracellular uptake after irradiation
in the hypoxia-sensing phosphorescent probe BTPDM1

群馬大学重粒子線医学研究センター生物学部門^{*1},

群馬大学大学院医理工レギュラトリサイエンス学環^{*2}, 群馬大学大学院理工学府分子科学部門^{*3}

○宮崎 陽奈^{*1,2}, 吉田 由香里^{*1}, 吉原 利忠^{*3}, 高橋 昭久^{*1}

(MIYAZAKI, Hina^{*1,2}; YOSHIDA, Yukari^{*1}; YOSHIHARA, Toshitada^{*3}; TAKAHASHI, Akihisa^{*1})

1. はじめに

固形腫瘍内の低酸素領域は放射線治療の効果を低下させることが知られており、放射線がん治療向上のためには低酸素領域を把握することが重要である。我々は低酸素領域を可視化するための新たな手法として Ir(III)錯体 BTPDM1 に着目した。BTPDM1 は、りん光の動的消光を利用した低酸素りん光プローブであり、高い空間分解能とリアルタイム測定が可能である。本研究では、放射線生物学の基礎研究への応用を目指し、BTPDM1 の放射線耐性を調べる目的で、照射前後での BTPDM1 のりん光特性、細胞内局在、細胞への取り込みについて評価した。

2. 方法

HeLa 細胞（ヒト子宮頸がん由来細胞株）を用いて、X 線（MultiRad225, 0.5 mm Cu+0.5 mm Al フィルター, 200 kV, 14.6 mA, 0.02 Gy/sec）にて照射実験を行った。放射線耐性評価では、96 穴プレートに 3×10^4 個ずつ播種・接着させた細胞に BTPDM1 (5 μ M) を添加後、1 Gy または 10 Gy の X 線を照射し、照射 0.5 時間後および 1 日後にりん光スペクトルおよびりん光強度を測定した。細胞への取り込み評価は、同様に播種・接着させた細胞に X 線を 1, 10 Gy 照射した後に BTPDM1 を添加し、りん光を測定した。照射前後での BTPDM1 の細胞内局在を調べるため、細胞に BTPDM1 および Lysotracker を添加後、10 Gy の X 線を照射し、共焦点レーザー走査型顕微鏡を用いて観察した。さらに、BTPDM1 添加の有無による放射線感受性への影響をコロニー形成法にて評価した。

3. 結果および考察

BTPDM1 は X 線照射前後においてりん光強度およびスペクトルに顕著な変化がなかったことから、りん光特性が保持されることが示唆された。また、照射後に BTPDM1 を添加した細胞において、りん光強度およびスペクトルは非照射細胞と比較して顕著な違いは認められなかったことから細胞に対する取り込み特性は照射後も維持されることが示唆された。さらに、細胞内に取り込まれた BTPDM1 はリソソームと共局在を示し、照射前後においてもその局在は同様であることが確認された。加えて、コロニー形成法の結果より、BTPDM1 投与の有無による放射線感受性に有意な差は認められず、BTPDM1 による細胞毒性は低いことが示唆された。

4. 結論

BTPDM1 は放射線照射による影響を受けることなく安定して利用可能であり、放射線生物学基礎研究における低酸素イメージングへの応用可能性が示された。

^{*1} Division of Biology, Gunma University Heavy Ion Medical Center

^{*2} Interfaculty Initiative in Regulatory Science of Biomedical Science and Engineering

^{*3} Department of Chemistry, Graduate School of Science and Technology, Gunma University

高レベル放射性廃液からの医療用 Y-90 回収プロセスの高度化 Advancement of a process for recovering medical Y-90 from high-level radioactive liquid waste

日本原子力研究開発機構^{*1}

○佐賀 要¹、川崎 倫弘¹、石井 翔¹、伴 康俊¹

○Kaname Saga¹, Tomohiro Kawasaki¹, Sho Ishii¹, Yasutoshi Ban¹

1. はじめに

原子力発電に伴って発生する使用済燃料には、医療用 RI の原料として利用可能な核種が含まれている。特に ^{90}Sr は、がん治療に用いられる ^{90}Y の親核種であり、高レベル放射性廃液 (HLLW) から ^{90}Sr を分離・回収できれば、医療用 RI 供給源の多様化に資すると期待される。これまでに、クラウンエーテル抽出剤 di-*t*-butylcyclohexano-18-crown-6 [DtBuCH18C6] と 1-オクタノール／ドデカン混合溶媒を用いることで、酸の共抽出を抑制し、Sr の抽出及び逆抽出を高効率に両立できる分離条件を見出してきた。本研究では、HLLW からの医療用 ^{90}Y 回収プロセスの高度化に向けて、非放射性 Sr を含むコールド模擬廃液を用いたミキサセトラ型抽出器による連続多段抽出試験を実施し、Sr の分離能力及び回収プロセスとしての成立性を評価した。

2. 方法

連続抽出試験には、1 台あたり 20 段の段数を持つミキサセトラ型抽出器を 2 台接続した合計 40 段の多段抽出装置を用いた。この多段抽出装置は、希釈剤洗浄、Sr 抽出、硝酸スクラブ及び 1 mM 硝酸による逆抽出の各工程から構成されている。有機相には DtBuCH18C6 (50 mmol/dm³ (mM)) を 10 vol. % 1-オクタノール／ドデカン混合溶媒に溶解したものを用いた。水相には、Sr に加えて Ca, Fe, Y, Zr, Mo, Pd, Ag, Cs, Ba, La, Nd 及び Eu を含む 5.0 M 硝酸溶液を模擬 HLLW として用いた。試験中にラフィネート、Sr 回収液、スクラブ出口液及び使用済み溶媒を経時的に採取し、試験終了後に各段の水相及び有機相を回収した。金属イオン濃度は ICP-MS 及び ICP-AES により測定し、抽出器各段における各元素の濃度、Sr の分離能力及び Sr 回収液の化学的純度を評価した。

3. 結果および考察

12 時間の連続運転において、ラフィネートの硝酸濃度は供給液の 4.9 M に対して概ね 5.0 M 付近で推移し、抽出部における酸濃度低下は限定的だった。また、Sr 回収液の硝酸濃度は 0.16 M にとどまり、逆抽出部への酸の移行が抑制されていることが確認された。Sr は 5 段目から有機相へ移行し、抽出部で段階的に濃度が増加した。13 段目では有機相中 Sr 濃度が水相中濃度より高く、Sr が優先的に有機相へ抽出されていることが示された。スクラブ部では Sr の大きな損失は認められず、逆抽出部では 25 段目から流入した Sr が 26 段目付近で速やかに水相へ移行した。一方、Ba はスクラブ部で除去され、Mo もスクラブ以降で低濃度となり、Sr 回収液への混入は抑制された。以上の結果、Sr を 90% 以上の回収率かつ 99% 以上の化学的純度で回収でき、多元素共存条件下においても Sr の連続抽出、洗浄及び逆抽出を一連の操作として実施できることを確認した。

4. 結論

10 vol. % 1-オクタノール／ドデカン混合溶媒に DtBuCH18C6 を溶解した条件を多段ミキサセトラへ適用することで、酸移行を抑制しつつ、多元素共存下で Sr を高回収率・高純度で連続回収できることを確認した。本成果は、HLLW から ^{90}Sr を回収し、医療用 ^{90}Y 供給へ接続するための連続分離プロセス高度化に資する基盤データである。

^{*1} Japan Atomic Energy Agency

原子核乾板を用いた $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 線の測定技術の開発と医学への応用
Development of Measurement Techniques for Alpha, Beta, and Gamma rays
using Nuclear Emulsion and their Medical Applications

名古屋大学大学院理学研究科^{*1}, 横浜国立大学大学院工学研究院^{*2}, 名古屋陽子線治療センター^{*3}

○酒々井 玲於奈^{*1}, 福田 努^{*1}, 長原 翔伍^{*1}, 竹下 漱一^{*1},
錦織 司^{*1}, 清水 さくら^{*1}, 南野 彰宏^{*2}, 歳藤 利行^{*3}

(SUZUI, Leona^{*1}; FUKUDA, Tsutomu^{*1}; NAGAHARA, Shogo^{*1}; TAKESHITA, Sohichi^{*1};
NISIKITORI, Tsukasa^{*1}; SHIMIZU, Sakura^{*1}; MINAMINO, Akihiro^{*2}; TOSHITO, Toshiyuki^{*3})

1. はじめに

原子核乾板とは、素粒子実験用に改良された写真フィルム的一种で、荷電粒子の飛跡をサブミクロンの空間分解能で三次元的に記録できる検出器である。荷電粒子が原子核乾板内の AgBr 結晶中で電離を起こすことによって潜像核が生じ、現像によって潜像核が銀粒子となることで荷電粒子の飛跡を顕微鏡で観察できる。名古屋大学では原子核乾板に写った飛跡の自動読み取りと解析技術を開発し、大規模な高エネルギー原子核乾板実験を行ってきた。

この原子核乾板を利用した新たな研究として、岩石中の α 線測定による地球ニュートリノ測定やニュートリノのマヨナラ性の実証のための二重 β 崩壊探索、電子対生成を利用した γ 線検出による FLASH 治療の線量測定といったものが提案されている。

従来の研究で記録される飛跡は、エネルギーが高い直線的な飛跡であり、現状の飛跡解析技術はこの直線的な飛跡の解析に特化している。それに対し、新しく提案された研究で解析対象となるのは、10MeV 以下の、20~50 μm 程度の短い α 線や曲がりくねった β 線が主であり、従来の解析技術では解析が困難であり、新しい解析手法が必要となる。本研究では、今までシグナルとして扱われなかったエネルギーの低い α 線や β 線の自動検出や解析技術の開発を行う。

2. α 線の自動検出と飛跡長解析

α 線飛跡の映った原子核乾板のスキャン画像に対して物体検出アルゴリズムで利用することで自動で高速な α 線検出を試みた。結果、目視計測と比べ 97.5%の効率で飛跡を検出することができた。また、 α 線の飛跡長の自動測定も行なった結果、目視計測と比べ 93.1%が誤差 2 μm 以内となった。

3. β 線の自動検出とエネルギー解析

原子核乾板のスキャン画像から β 線の候補となる銀粒子を拾い上げ、それらの銀粒子間の距離や角度を使って段階的に銀粒子同士を β 線飛跡として接続するアルゴリズムを構成した。ノイズを除いた β 線飛跡サンプル 42 本でそのアルゴリズムの評価を行った結果、36 本が解析に耐えられるレベルでの接続に成功した。

また、一部のみ記録された β 線飛跡のエネルギーの解析のため、モンテカルロシミュレーションで線飛跡を再現し、機械学習モデルで飛跡の散乱とエネルギーの関係を学習させた。その結果、評価用の 2MeV の β 線飛跡に対しては $\pm 13\%$ の精度でエネルギーを推定することができた。

4. 結論と展望

原子核乾板での低エネルギー荷電粒子解析の第一歩を踏み出すことができた。 α 線崩壊の親核子の特定や実践的な β 線解析や $\alpha \cdot \beta$ 線の精密読み取りに特化した装置の開発を今後は予定している。

^{*1} Graduate School of Science, Nagoya University

^{*2} Graduate School of Engineering Science, Yokohama National University

^{*3} Nagoya Proton Therapy Center

消化管に発現する有機アニオン輸送体 OATP4A1 の薬物吸収における役割 The Role of Organic Anion Transporting Polypeptide 4A1 in Intestinal Drug Absorption

東北医科薬科大学薬学部薬物動態学教室^{*1}

○高橋 瑞姫^{*1}, 加藤 こなみ^{*1}, 森本 かおり^{*1}, 石井 敬^{*1}, 富田 幹雄^{*1}

(TAKAHASHI, Mizuki^{*1}; KATO, Konami^{*1}; MORIMOTO, Kaori^{*1}; ISHII, Makoto^{*1};

TOMITA, Mikio^{*1})

1. はじめに

Organic Anion Transporting Polypeptide (OATP)のうち、OATP4A1 は、生体内物質として胆汁酸である Taurocholic acid、エストロゲンの代謝物である Estrone-3-sulfate、甲状腺ホルモンの Thyroxine (T4)、Triiodothyronine (T3) を輸送する輸送体として報告されたものの、薬物動態学的な働きは不明である。一方、OATP2B1 は、側底膜に存在し、薬物を血液側から腸管内へ排出していることが明らかにされたが、これにより消化管上皮細胞における薬物取り込み輸送体の実体が不明となり、OATP2B1 によって吸収されと考えられてきた有機アニオン系薬物の小腸上皮細胞の取り込み機構が不透明となった。

そこで、本研究では、空腸上皮細胞において OATP2B1 と同等のタンパク発現量を持ち、血液胎盤関門では刷子縁膜側に存在している OATP4A1 に焦点を当て、OATP4A1 が、これまで OATP2B1 が担うとされてきた両親媒性薬物の取り込みに関与しているという仮説を立て、一過性 OATP4A1 発現細胞への Taurocholic acid の取り込み阻害効果を指標に基質薬物の推定を行った。

2. 方法

HEK293T/OATP4A1 あるいは HEK293T/mock への^[3H] Taurocholic acid の輸送および OATP4A1 を介した 5 μ M Taurocholic acid の取り込みに対する各種薬物の阻害効果を検討した。

3. 結果および考察

HEK293T/OATP4A1 への Taurocholic acid の取り込み量が mock に比較して高く、それが非標識 Taurocholic acid で濃度依存的に阻害されたことから、OATP4A1 は Taurocholic acid を輸送するトランスポーターであることが確認された。この取り込みは緩衝液の pH に依存せず、重炭酸やグルタミン酸により促進された。また、OATP2B1 の基質薬物である、Pravastatin、Rosuvastatin、Fexofenadine、Celiprolol、5-Aminosalicylic acid、Amiodarone だけでなく、OATP2B1 に認識されない Alogliptin でも Taurocholic acid の阻害傾向がみられた。

本研究結果から、OATP4A1 が OATP2B1 よりも幅広い分子量の薬物を輸送し、アニオン系薬物のみならず、一部のカチオン系薬物を輸送するトランスポーターであり、阻害傾向は分子量や脂溶性には依存しないことが示唆された。

4. 結論

OATP4A1 は、pH 非依存的に^[3H] Taurocholic acid を取り込み、重炭酸やグルタミン酸を駆動力とすることが推察された。また、OATP4A1 の基質認識性は、OATP2B1 と凡そ一致していることが推察された。今後は小腸上皮細胞膜における局在を明らかにし、駆動力および輸送の方向性を詳細に検討するとともに、薬物吸収の主変動要因となり得るか考察する必要がある。

^{*1} Faculty of Pharmaceutical Science, Tohoku Medical and Pharmaceutical University

中学・高校生を対象とした放射線の医療利用に関する教育の提案 Proposal of radiation education on the medical use for junior and senior high school students

兵庫医科大学薬学部^{*1}, 和歌山信愛中学高等学校^{*2}

○栄井修平^{*1}, 船生翔太郎^{*1}, 古林幸起^{*1}, 佐藤佳子^{*2}, 藤野秀樹^{*1}

(SAKAI, Shuhei^{*1}; FUNYU, Shotaro^{*1}; FURUBAYASHI, Koki^{*1}; SATO, Yoshiko^{*2}; FUJINO, Hideki^{*1})

1. はじめに

中学校及び高等学校の学習指導要領では放射線の性質や利用について学習することが定められており、医療分野における放射線利用は重要な題材である。一方、体験型の放射線教育は法令や安全管理上の制約から困難である。そこで本研究では、カードゲーム形式によるゲーミフィケーション教材、及びブラックライトを用いた PET 検査とホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) を題材とした体験型教材を作成し、中高生を対象に薬学生ファシリテーターを交えた能動的学修を実践した。

2. 方法

45 分 1 コマの授業で、グループワーク形式による体験型学修を行った。ゲーミフィケーションでは放射線・放射能に関する事柄が記載されたカードを用いて関連性を意識させる内容とした。一方、PET 教材では、ブラックライト照射時にポリ塩化ビニルが蛍光を示す点に着目し、放射性医薬品の組織集積性を模擬的に表現した。BNCT 教材では、蛍光ビーズにて、ホウ素化合物のがん細胞への選択的移行および中性子線による核反応を表現した。

3. 結果および考察

授業後アンケートでは、90%以上の生徒から「授業内容を理解できた」および「放射線への興味が深まった」との回答が寄せられた (Fig. 1)。ワードクラウド解析では、「放射線」、「医療」、「がん」、「治療」、「興味深い」などの語が多く抽出され、関心や理解の深化が示唆された。本教材は、ゲーミフィケーションでは放射線と核種の関連性を、ブラックライトでは PET や BNCT 等の核医学診療への理解を促すことが可能であった。さらに、放射薬学の専門知識と傾聴姿勢を有する薬学生ファシリテーターの支援により、生徒間の対話や協働学修が促進され、主体的・対話的で深い学びにつながったと考えられる。

- Q1. ゲーミフィケーションは理解できましたか？
- Q2. ゲーミフィケーションは楽しかったですか？
- Q3. ゲームを通じて放射線の特徴を理解できましたか？
- Q4. ブラックライトの実習は理解できましたか？
- Q5. ブラックライトの実習は楽しかったですか？
- Q6. 授業を受けて放射線・放射能に関する興味が深まりましたか？
- Q7. 放射線・放射能を正しく理解することは重要だと思いましたか？
- Q8. このような放射線教育をもう一度受けたいと思いますか？

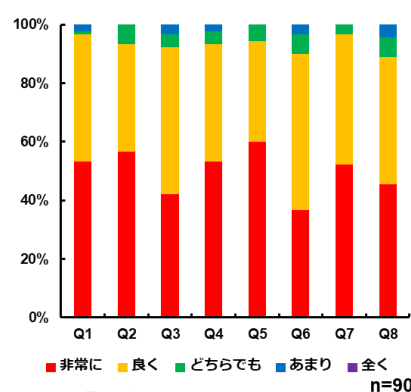


Fig. 1 授業後アンケートの集計結果

4. 結論

本教材による能動的学修では、核医学診療に対する興味および理解の向上が認められた。本教材は、放射線の医療利用を題材として科学・技術・医療を横断的に学修できる点より、STEM 教育および科学リテラシー教育の推進への寄与が期待される。

^{*1} School of Pharmacy, Hyogo Medical University

^{*2} Wakayama Shin-ai Junior and Senior High School

放射線計測のよる医薬品の品質試験の提案
Proposal for pharmaceutical quality testing using radiation measurement

兵庫医科大学薬学部
○松本 愛生, 栄井 修平, 藤野 秀樹
(MATSUMOTO, Megumi; SAKAI, Shuhei; FUJINO, Hideki)

1. はじめに

薬物濃度は薬理効果や副作用発現と密接に関係する為、医薬品の成分含量は品質評価の観点から重要である。本研究では、天然核種のカリウム 40 に着目し、化学構造にカリウムを含む薬剤についてラジオルミノグラフィー(RLG)による成分量の評価法を検討した。

2. 方法

処方箋薬として使用されているロサルタンカリウム、オテラシルカリウム、クラブラン酸カリウム、クエン酸カリウム及びヨウ化カリウムの他、市販品のカリウム含有サプリメント（4 種類）を用いた。塩化カリウム溶液を適宜 TLC プレート上に滴下し、検量線試料とした。検量線試料及び各種薬剤は PTP(Press through package)シートごとイメージングプレート（IP）と 24~96 時間密着露光した。その後、画像解析装置(Amersham Typhoon, Cytiva)にて輝尽発光値 (PSL) を測定した。得られた PSL 値をカリウム含量へ換算し、日本薬局方に準じた含量均一性試験の判定法に基づく評価を行った。

3. 結果および考察

⁴⁰K 検量線は 0.009~0.432Bq の範囲にて良好な直線性と相関性 ($R^2>0.999$)を示した。また補正係数にて mg に変換した含量均一性試験では、全ての薬剤にて真度(Accuracy)は±22%の範囲内、判定値(Acceptance Value :AV)も 14.2 以下であり、適合と判定された(Fig. 1)。さらに、カリウムを含有するサプリメントは、いずれも Accuracy は±9%の範囲内、AV は 11 以下であった。これらの成績から、ラジオルミノグラフィーによる医薬品有効成分の含量評価が可能であると考えられた。

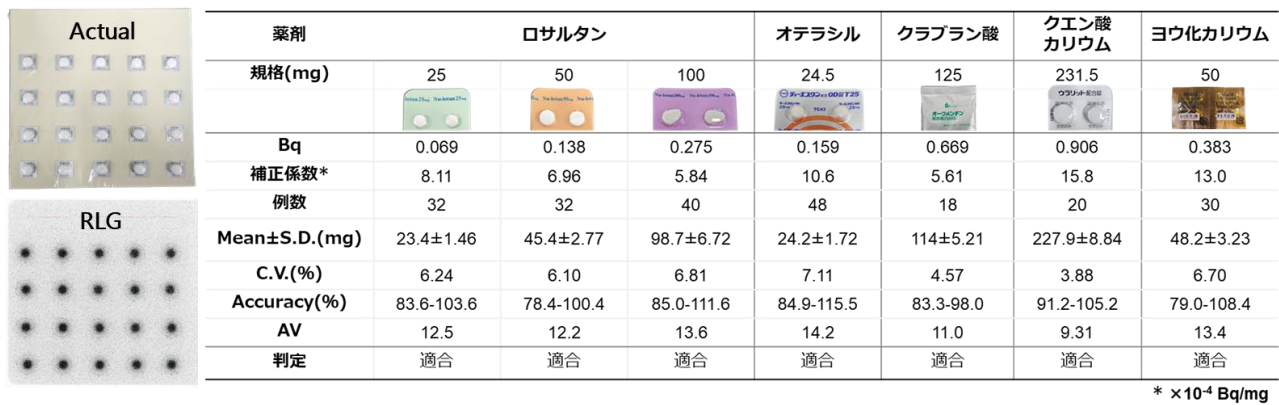


Fig. 1 ラジオルミノグラフィーによるカリウム含有医薬品の含量均一性試験評価

4. 結論

本法は、錠剤を PTP シートから取り出す必要がなく、非破壊にて検査可能である。また、比較的簡便な操作方法にて製剤の評価が可能である。これらの特徴から、新たな医薬品の品質評価法として期待される。

School of Pharmacy, Hyogo Medical University

Using Radioactivity Ratios to Identify Sources and Transport of Coastal Radionuclides off Fukushima

Godse Nimish Sudhir^{*1}, Daisuke Tsumune², Hiroaki Kato², Hiroumi Iino¹, Onda Yuichi², Shigeyoshi Otsuka³

¹University of Tsukuba, ²CRiES, University of Tsukuba, ³University of Tokyo

*Corresponding author: s2526038@u.tsukuba.ac.jp

Thirteen years after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (F1NPP) accident, ^{137}Cs and ^3H activities in coastal waters near the plant remain elevated compared to surrounding regions, indicating persistent radioactive inputs. While concentrations within the port are highest, recent estimates suggest that the leakage rate outside the port exceeds that inside, implying the presence of an additional or previously unrecognized source such as groundwater. However, the mechanisms governing these releases remain unclear.

The $^3\text{H}/^{137}\text{Cs}$ activity ratio is a useful tracer for identifying contamination sources, as it remains relatively stable in seawater over short timescales. Since approximately 2016, ^{137}Cs concentrations near the F1NPP have shown little decline, while spatial contrasts in the $^3\text{H}/^{137}\text{Cs}$ ratio have become more pronounced. Although both radionuclides peak within the port, the ratio is consistently lower there and higher offshore, suggesting that port contamination alone does not control radionuclide signatures beyond the port.

To investigate these patterns, we applied $^3\text{H}/^{137}\text{Cs}$ ratio analysis and conducted release-rate estimations for the port and adjacent coastal waters. In addition, we collected independent samples of seawater, river water, groundwater, and spring water near the F1NPP. These data were used in an end-member mixing analysis to evaluate potential terrestrial and subsurface contributions. Preliminary results indicate that non-port end-members exhibit distinct $^3\text{H}/^{137}\text{Cs}$ signatures that may explain the elevated ratios observed offshore.

To evaluate the validity of the ratio analysis and the submarine groundwater discharge (SGD) hypothesis, the ROMS ocean model was applied in two scenarios: first considering ^3H discharge only from the port, and second including both port and outside sources. The comparison between these simulations showed differences in the resulting dispersion patterns and concentration distributions.

This integrated analysis improves constraints on radionuclide sources and transport pathways in the F1NPP coastal environment and contributes to a better understanding of long-term radioactive contamination dynamics.

Keywords: $^3\text{H}/^{137}\text{Cs}$ ratio, Radionuclide dispersion, Ground water, submarine groundwater discharge (SGD)

相互作用の複合化による短飛程放射線の簡便かつ効率的な光検出法の開発
Development of a simple and efficient photo-detection technique
for short-range radiation through various interactions

千葉大院薬

○甘中 健登, 数多 伸紀, 鈴木 博元, 上原 知也

(KANNAKA, Kento; KAZUTA, Nobuki; SUZUKI, Hiroyuki; UEHARA, Tomoya)

1. はじめに

β^+ 線放出核種であるフッ素-18 (^{18}F) で標識されたグルコース誘導体 [^{18}F]FDG は、糖代謝を反映した positron emission tomography (PET) イメージングを可能とし、がん診断等に広く利用されている。[^{18}F]FDG の製造プロセスは、自動合成装置により合成された後、その品質評価を薄層クロマトグラフィ (TLC) や高速液体クロマトグラフィ (HPLC) により作業者がマニュアル操作で実施する。自動合成装置はホットセル内に格納されているため作業者の放射線被ばくを低減できるが、品質評価時の作業者の放射線被ばくは問題となる。また、その検出は飛程の短い β^+ 線ではなく、PET と同様に β^+ 線と陽電子との結合により生じる消滅放射線検出しているため、周辺放射線の影響を考慮し、別室での品質評価がなされている。ここで、 β^+ 線を簡便かつ効率的に検出できれば、画期的な放射線検出法となり、品質評価の効率化や作業者の被ばく低減につながると考えた。本研究では、 β^+ 線と周辺物質との相互作用による発光現象に着目し、[^{18}F]FDG の分離・検出を同時達成し得る光検出法の開発を目的とした。

2. 方法

本研究では、荷電粒子線が周辺物質との相互作用により生じるチェレンコフ光の検出を基礎とした。なお、発光検出は CMOS カメラ (CS-67M) と暗箱から成る装置により撮像し (f 値 : 0.95、露光時間 : 1~5 分)、 β^+ 線源には [^{18}F]FDG を使用した。まず、TLC プレートに [^{18}F]FDG を塗布し、チェレンコフ光を発光検出した。次に、[^{18}F]FDG を塗布した TLC プレートに種々のガラス板の設置や水 (溶媒) の浸漬を施し、発光検出した。さらに、それらを複合化した分離器材としてキャピラリーカラム (CPC) を選択し、[^{18}F]FDG の発光検出強度を TLC と比較した。また、有機合成化学分野で汎用される蛍光指示薬 (F_{254}) を含む TLC プレートでの発光強度についても評価した。

3. 結果および考察

まず、 F_{254} (-)TLC プレートに [^{18}F]FDG 溶液を塗布して乾燥後に発光検出したところ、1 MBq 以上で発光が検出され、 β^+ 線とシリカゲルとの相互作用によって発生したチェレンコフ光であると考えられた。次に、そのプレートにガラス板の設置や水の浸漬を実施したところ、その発光強度は増大し、シリカゲル以外の物質との相互作用により発生したチェレンコフ光の寄与が考えられた。また、その両方の組み合わせでは、相加的な増強効果が見られた。さらに、これら材料を複合化した筒状の CPC を用いて評価したところ、その発光は TLC プレートに比べ有意に高く、多成分かつ多面 (4π 方向) 的な相互作用により高い効率での発光が実現したと考えられた。一方で、 F_{254} を含むシリカゲルでは非常に高い発光強度を示し、 F_{254} を CPC の構成材料とすることでさらに高効率な検出手法になると考えられた。

4. 結論

多成分の材料から構成される CPC を用いた β^+ 線の簡便かつ効率的な発光検出法の開発により、放射性薬剤の製造プロセスの効率や安全性の向上につながる可能性が示された。本技術は、CPC 内でのみ発光するため周辺放射線の影響を受けず、さらに送液ポンプを接続した自動分析化が見込まれるため、ホットセル内で薬剤の製造を完結可能な自動合成・分析装置の開発につながる基礎的知見である。

* Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Chiba University

地表徘徊性昆虫類の ^{137}Cs 濃度と炭素・窒素安定同位体比
Concentrations of ^{137}Cs and carbon and nitrogen stable isotope ratio
in ground-dwelling insects

秋田県立大学大学院生物資源科学研究科*1, 秋田県立大学生物資源科学部*2

○堀内 歩*1, 加茂 楓葵*1, 高階 史章*2, 佐藤 孝*2, 田中 草太*2

(HORIUCHI, Ayumu*1; KAMO, Fuki*1;

TAKAKAI, Fumiaki*2; SATO, Takashi*2; TANAKA, Sota*2)

1. はじめに

福島第一原子力発電所(1F)事故で放出された ^{137}Cs は森林生態系に沈着し、一部は植物に吸収され食物連鎖を通じて長期的に生態系を循環する。食物連鎖を介した ^{137}Cs の移行では、生きた生物を起源とする生食連鎖より、死んだ生物を起源とする腐食連鎖が主要な移行経路となる。地表徘徊性昆虫類は林床の有機物を餌資源としており、腐食連鎖に依存するため、林床に集積した ^{137}Cs の動態に影響を及ぼすと考えられる。さらに溪流魚の餌資源となるため、森林から河川生態系へ流入する ^{137}Cs の移行源となる可能性がある。したがって、地表徘徊性昆虫類は ^{137}Cs の食物連鎖を介した移行において重要であるが、事故後のデータは不足している。そこで本研究では、地表徘徊性昆虫類の ^{137}Cs 濃度と食性や栄養段階を示す炭素・窒素安定同位体比との相関関係から食物連鎖を介した ^{137}Cs の移行を評価した。

2. 方法

1F から北西約 11 km にある福島県浪江町の山林を調査地とした。試料採集は、2025 年 8 月から 9 月に実施し、昆虫類はピットフォールトラップおよび見取り法で採集した。地表徘徊性昆虫類は文献により食性別に分類後、胴体部と脚部に分離して乾燥・粉碎した。胴体部の ^{137}Cs 濃度は、ゲルマニウム半導体検出器(GMX30-70-LB-B-HJ, OREC)で定量し、脚部の炭素・窒素安定同位体比は、EA-IRMS (Delta V Advantage, Thermo Fisher Scientific) で測定した。また、環境媒体と昆虫類間の移行係数(CR=昆虫類 ^{137}Cs 濃度 [Bq/g]/植物質 ^{137}Cs 濃度 [Bq/g])を算出した。

3. 結果および考察

食性別の ^{137}Cs 濃度は、平均値が高い順から雑食性(エンマコオロギとカマドウマ科)、糞食性(センチュウガネ)、捕食性(オサムシ属)、腐肉食性(オオヒラタシデムシとクロシデムシ)となった。カマドウマ科では、最大 86.6 Bq/g-dw と特異的に濃度が高い個体が存在した。また、地表徘徊性昆虫類の $\delta^{13}\text{C}$ は、リターから+6‰以内であったことから、リター起源の腐食連鎖に依存することが示唆された。地表徘徊性昆虫類の ^{137}Cs 濃度と $\delta^{15}\text{N}$ は有意な負の相関を示したことから(GLM, $p<0.001$)、栄養段階の上昇に伴って、 ^{137}Cs 濃度が減少することが示唆された。一方、カマドウマおよびセンチュウガネの CR は 3.01 と 1.10 であり、濃縮を示す種が存在した。これらはリターの ^{137}Cs 濃度を上回る餌資源を摂食している可能性、もしくは高濃度の放射性セシウム含有微粒子を取り込んでいる可能性が考えられる。

4. 結論

1F 事故後から約 14 年が経過した時点において、地表徘徊性昆虫類では栄養段階の上昇に伴い ^{137}Cs 濃度が減少するが、一部の昆虫類では基質(リター)の ^{137}Cs 濃度を超える濃縮が生じていることが示された。

*1 Graduate School of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University

*2 Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University

PD-L1 標的診断用プローブの体内動態におけるキャリア添加量の影響
Impact of Carrier Dose on the In Vivo Pharmacokinetics and Biodistribution
of a PD-L1-Targeted Imaging Probe

千葉大学薬学部^{*1}, 千葉大学大学院薬学研究院^{*2}

○川村 柚寿^{*1}, 鈴木 博元^{*2}, 数多 伸紀^{*2}, 甘中 健登^{*2}, 上原 知也^{*2}

(KAWAMURA, Yuzu^{*1}; SUZUKI, Hiroyuki^{*2}; KAZUTA, Nobuki^{*2};

KANNAKA, Kento^{*2}; UEHARA, Tomoya^{*2})

1. はじめに

奏効率の低さが課題である免疫チェックポイント阻害剤の薬効予測手法として、PD-L1 の PET 診断が有望視されている。PD-L1 は血管内皮細胞や免疫細胞などにも発現するため、血液や脾臓などの PD-L1 発現臓器への集積が診断精度に影響を与える。キャリア添加量が低い場合、静脈内に投与された PD-L1 標的 PET プローブは、腫瘍組織へ到達する前に血液中で PD-L1 発現細胞と結合することで、腫瘍集積が低下することが想定される。キャリア添加量を増加させることで、正常組織への集積は低減できると考えられるが、添加量が多すぎれば腫瘍においてもプローブの集積を阻害し得る。従って、PD-L1 標的 PET プローブでは、至適キャリア添加量が存在するのではないかと考えた。そこで本研究では、PD-L1 標的放射性 Ga 標識抗体 Fab フラグメントに対して、異なる添加量のキャリア Fab を加え、担がんマウスに投与した際の体内動態を評価した。

2. 方法

本研究では、PET 用核種 ⁶⁸Ga の代替として、入手及び取扱いの容易な ⁶⁷Ga を使用した。抗 PD-L1 抗体 10F.9G2 から Fab フラグメントを作製し、*p*-SCN-Bn-NOTA を結合させた後、⁶⁷Ga 標識することで PD-L1 標的 ⁶⁷Ga 標識 Fab (⁶⁷Ga-Fab_{10F.9G2})を作製した。また、同じアイソタイプのコントロール抗体 LTF-2 を用い、同様の手順で ⁶⁷Ga 標識 Fab (⁶⁷Ga-Fab_{LTF-2})を作製した。両 ⁶⁷Ga 標識 Fab を、B16F10 細胞を移植した C57BL/6N 雄性マウスに尾静脈から投与し、2 時間後の主要臓器における放射能分布を測定した。⁶⁷Ga-Fab_{10F.9G2} に対しては、異なる添加量のキャリア Fab を加え、体内動態の変化を評価した。また、血液は回収後に遠心分離し、血清と血餅、それぞれの放射活性を測定した。

3. 結果および考察

⁶⁷Ga-Fab_{10F.9G2} は、⁶⁷Ga-Fab_{LTF-2} と比較して、PD-L1 発現臓器である脾臓や肺など正常組織への集積が高値であったが、血液への集積は低値であった。以上の結果から、PD-L1 特異的な結合により組織への分布が促進され、血液への滞留が減少したことが示唆される。また、⁶⁷Ga-Fab_{10F.9G2} は、キャリア Fab 添加量の増加に応じて、脾臓、肺など正常組織への集積は減少したが、腫瘍集積の減少は限定的であり、腫瘍/正常組織比は向上した。さらに、キャリア Fab 量の増加に応じて、血液への集積は増加したが、血餅成分の放射活性は減少した。従って、⁶⁷Ga-Fab_{10F.9G2} は、血餅中に存在する T 細胞などの PD-L1 を発現する血球成分に対して特異的に結合し、その結合がキャリア添加量の増加に伴い阻害されたことが示唆される。

4. 結論

⁶⁷Ga-Fab_{10F.9G2} にキャリア Fab を添加することで、正常組織における PD-L1 発現による体内動態への影響を抑制でき、腫瘍/正常組織比が向上することが示された。

^{*1} Department of Pharmacy, Chiba University

^{*2} Chiba University Graduate School of Pharmaceutical Science

放射線取扱主任者試験対策パートナーとしての生成 AI の可能性

Potential of Generative AI as a Study Partner
for the Radiation Protection Supervisor Examination(公社)日本アイソトープ協会^{*1}○吉葉 友規^{*1}, 堀越 由衣^{*1}, 三家本 隆宏^{*1}

(YOSHIBA, Yuki; HORIKOSHI, Yui; MIKAMOTO, Takahiro)

1. はじめに

近年の人工知能 (AI) の技術の発展は目覚ましく、従来の定型業務の域を超え、高度な情報処理能力や論理的思考力を要する域へと達している。例えば、東京大学入試の最難関である理科三類の合格ライン突破や、医師国家試験・司法試験の合格の常態化といったことは、AI が「知識の記憶」だけでなく、「高度な文脈理解」と「推論・思考」の力を増強させていることの表れである。

放射線取扱主任者試験は、物理・化学・生物といった自然科学分野にとどまらず、実務や法令といった応用・管理分野も知識が求められる。広範な専門知識、さらには分野横断的な理解も必要とされる受験者の負担が非常に大きい試験である。

本研究では、放射線取扱主任者試験の対策勉強において、AI がその「サポーター」としての役割を担うことができるかどうかを検証することを目的とした。

2. 方法

本研究を行うにあたり、Google の AI モデル「Gemini」に日本アイソトープ協会発行の「放射線取扱の基礎 第 10 版」に収録されている例題 (PDF 形式、高速モード) を解答させ、その性能を評価した。評価項目は各分野の正答率、誤答パターン、得意・苦手傾向である。選択肢と解説がともに正しい場合のみを正答とし、誤答は Logic (情報の解釈ミス)、Outdated (情報の陳腐化)、Calculation (計算ミス)、Recognition (問題の解読ミス) の 4 パターンに分類した。また、分野ごとの問題数の偏りによる正答率の極端な変動を抑制するため、平滑化パラメータ α を用いたラプラス平滑化を適用し、算出された修正正答率を基に分析を行った。

3. 結果および考察

全体の正答率は 71.68% であった。科目別で見ると、物理 (97.47%) や生物 (84.85%) で高い正答率を示した一方、法令 (46.67%) や実務の管理技術 (42.11%) で著しく低迷した。誤答パターンの分析では、情報の解釈ミスである「Logic」が 82 回と突出して多く、次いで「Recognition (12 回)」「Outdated (7 回)」の順であった。

考察として、AI は数理的な規則性や確立された科学的知見の処理を得意とする反面、法令特有の文脈依存性が高い複雑な条件分岐や類似する専門用語の厳密な定義の解釈を苦手とすることが浮き彫りとなった。したがって、試験対策に AI を活用する際は、特に法令や実務分野における解説の正確性を検証するファクトチェックが不可欠であると考ええる。

4. 結論

本検証により、Gemini は自然科学分野で高い正答率を示す一方、応用・管理分野で著しく低迷するという分野間の明確な傾向が結論付けられた。特に論理解釈 (Logic) の誤りが多く解答の鵜呑みは危険である。しかし、数理解処理や知識整理の能力は極めて高く、人間による厳密なファクトチェックを前提とした「学習補助ツール」として適切に活用することで、主任者試験の受験対策に大きく貢献できると期待される。

^{*1} Japan Radioisotope Association

高出力レーザー光学系最適化によるガンマ線の高強度化 Enhancement of Gamma-Ray Intensity through Optimization of a High-Power Laser Optical System

兵庫県立大学工学研究科^{*1}, 高エネルギー加速器研究機構^{*2}, 兵庫県立大学高度産業科学技術研究所³

○藤本 啓汰^{*1}, 佐波 俊哉^{*2}, 橋本 智^{*3}

(FUJIMOTO, Keita^{*1}; SANAMI, Toshiya^{*2}; HASHIMOTO, Satoshi^{*3})

兵庫県立大学ニュースバル放射光施設の光源開発ビームライン BL01 は、世界でも数少ない、レーザーコンプトン散乱 (LCS) によって準単色性、エネルギー可変性、偏光性を有するガンマ線ビームを生成できる施設である。入射レーザー光は高エネルギー電子ビームと衝突し、後方散乱によってガンマ線を生成する。BL01 は外部ユーザーにも供用されており、ガンマ線を利用した共同研究が行われているが、課題の一つとしてガンマ線強度の向上が挙げられる。高強度化により、測定精度の向上および実験時間の短縮が期待される。本研究では、KEK との光核反応による中性子生成実験に向けて高出力レーザーを導入し、ガンマ線強度を従来比約 4 倍に向上させた。

本実験では、単一バンチ電子ビーム (0.95 GeV、20 mA) とパルスレーザー光 (70 W、532 nm、300 kHz、40 ns) を高精度に衝突させ、LCS ガンマ線を生成した。レーザー光は約 30 m 伝送されるため、生成効率の最大化には両ビームの空間的重なり最適化が重要である。このため、高出力レーザーに対応した 3 枚レンズ系の光学系を構築した (図 1)。

しかし、ガンマ線強度のレーザーパワー依存性を測定した結果、理論的には比例的な増加が期待されるにもかかわらず、約 12 W を境に強度が低下する挙動が確認された。この原因として、出力増加に伴うレーザー発散角の増大により、衝突点でのビームウェストが拡大し、電子ビームとの空間的重なりが悪化したことが考えられる。発散角が 2 倍に増加した場合のビーム伝搬を評価した結果、ウェストサイズは 0.76 mm から 1.48 mm へ増大し、相互作用効率の低下が示された。

以上の結果を踏まえ、発散角増大の影響を抑制する光学系を再設計した。改良光学系では、レンズの焦点距離および配置を最適化し、発散角増加時においても衝突点でのウェストサイズの増大を抑制した。その結果、少なくともレーザー出力 25 W までは、ガンマ線強度はレーザーパワーに対して比例関係を示し、従来観測されていた強度低下は大幅に改善された。これにより、従来比約 4 倍のガンマ線強度を達成した (図 2)。

今後は、CMOS カメラを用いたビームプロファイル測定により伝搬特性を詳細に評価し、定格 70 W 動作においても比例関係を維持できるよう、さらなる光学系の最適化を進める。本研究は、JSPS 科研費 JP24K03207 の助成を受けて実施された。

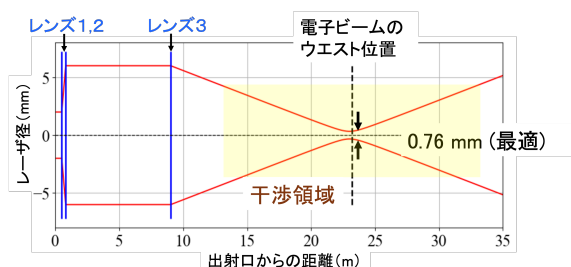


図 1 : 高出力レーザー光学系

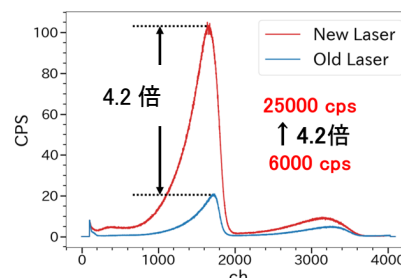


図 2 : ガンマ線光子数 (新&旧比較)

^{*1} Graduate School of Engineering, University of Hyogo

^{*2} High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

^{*3} Laboratory of Advanced Science and Technology for Industry, University of Hyogo